


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет инженерно-физический
Кафедра безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

 А. Б. Булгаков
«05» 04 2021г

З А Д А Н И Е

К выпускной квалификационной работе студента группы 713-об Гиленчук Александр Ростиславович

1. Тема выпускной квалификационной работы: Анализ аварийных ситуаций, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов на нефтехранилищах

(утверждена приказом от 05.04.2021 №658-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы 18.06.2021г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:

3.1. Сведения об авариях с разливом нефти или нефтепродуктов;

3.2. Схема расположения основных элементов нефтехранилищ;

3.3. Виды резервуаров и их расположения;

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов): Анализ аварий, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов на местах их хранения; основные методики анализа аварий; Разработка рекомендаций по снижению рисков аварий на нефтехранилищах; безопасность и экологичность; технико-экономическое обоснование мероприятий.

5. Перечень материалов приложения: Характеристика нефтехранилищ и хранилищ ГСМ; Характеристика нефтехранилищ и хранилищ ГСМ; Основные причины аварий, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов; Сценарии развития аварий, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов; Анализ и разработка рекомендаций на основе метода ФТА; Анализ на основе метода ЕТА; Технико-экономическое обоснование мероприятий.

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе: Аверьянов В.Н. (безопасность и экологичность); Шкрабак Н.В. (технико-экономическое обоснование мероприятий)

7. Дата выдачи задания: 05.04.2021 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы: Аверьянов Владимир Николаевич доцент, канд. физ.-мат. наук.

Задание принял к исполнению: 05.04.2021 г.


(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 55 с., 3 таблицы, 6 рисунков, 1 приложение, 12 источников

НЕФТЬ, НЕФТЕХРАНИЛИЩЕ, НЕФТИ РОЗЛИВ, ДЕРЕВО ОТКАЗОВ, ДЕРЕВО СОБЫТИЙ, АВАРИЯ, ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЭКОЛОГИЮ.

Объектом исследования являются нефтебазы и нефтехранилища.

Цель работы проанализировать и выяснить наиболее вероятные причины аварий на нефтехранилищах их последствия.

Разработать рекомендации по снижению объёмов разлива и воздействия на окружающую природную среду.

ABSTRACT

The bachelor's work contains 55p., 3 tables, 6 drawings, 1 application, 12sources

OIL, OIL STORAGE FACILITY, OIL FILLING, FAULT TREE, EVENT TREE, ACCIDENT, ENVIRONMENTAL IMPACT.

The object of the study is oil depots and oil storage facilities.

The purpose of the work is to analyze and find out the most probable causes of accidents at oil storage facilities and their consequences.

Develop recommendations for reducing the volume of bottling and the impact on the environment.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Анализ аварий, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов на местах их хранения	9
1.1 Характеристика нефтехранилищ и хранилищ ГСМ	10
1.2 Основные причины аварий, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов	17
1.3 Сценарии развития аварий, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов	20
1.4 Крупные аварии, связанные с разливами нефти и нефтепродуктов	24
2 Основные методики анализа аварий	27
2.1 Статистический метод	28
2.2 Метод диаграмм причинно-следственных связей «дерево отказов» (FTA)	29
2.2 Метод диаграмм причинно-следственных связей «дерево событий» (ETA)	33
3 Разработка рекомендаций по снижению рисков аварий на нефтехранилищах	36
3.1 Анализ и разработка рекомендаций на основе метода FTA	36
3.2 Анализ на основе метода ETA	39
4 Безопасность и экологичность	40
5 Технико-экономическое обоснование мероприятий	49
Заключение	53
Библиографический список	54
Приложение А Дерево событий при разгерметизации резервуара	56

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня Россия занимает одно из лидирующих мест в мире по количеству добываемой нефти. Время от времени в процессе производства, хранения и транспортировки нефти возникают аварийные ситуации, в результате которых происходит попадание нефти и нефтепродуктов в окружающую среду. Известно, что 1 миллилитр нефти делает непригодной для питья полтонны воды. Попавшая в воду нефть вызывает грубое нарушение характеристик водной среды, пагубно влияет на водную флору и фауну. Нефтяные пары, оказавшиеся в воздухе, загрязняют атмосферу, а пропитанная нефтепродуктами почва перестает служить питательным субстратом для растений, что приводит к гибели больших площадей лесов.

Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов, имеющие место на объектах нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, при транспорте этих продуктов наносят ощутимый вред экосистемам, приводят к негативным экономическим и социальным последствиям.

В связи с увеличением количества чрезвычайных ситуаций, которое обусловлено ростом добычи нефти, износом основных производственных фондов (в частности, трубопроводного транспорта), и диверсионными актами на объектах нефтяной отрасли, участившимися в последнее время, негативное воздействие разливов нефти на окружающую среду становится все более существенным. Экологические последствия при этом носят трудно учитываемый характер, поскольку нефтяное загрязнение нарушает многие естественные циклы и взаимосвязи, существенно изменяет условия обитания всех видов живых организмов и накапливается в биомассе.

Несмотря на проводимую в последнее время государством политику в области предупреждения и ликвидации последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, данная проблема остается актуальной и в целях снижения возможных негативных последствий требует особого внимания к изучению

способов локализации, ликвидации и к разработке комплекса необходимых мероприятий.

Локализация и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов предусматривает выполнение многофункционального комплекса задач, реализацию различных методов и использование технических средств. Независимо от характера аварийного разлива нефти и нефтепродуктов (ННП) первые меры по его ликвидации должны быть направлены на локализацию пятен во избежание распространения дальнейшего загрязнения новых участков и уменьшения площади загрязнения.

Для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов могут применяться разнообразные методы и технологии, в том числе и в зависимости от наличия тех или иных технических средств и материалов. Но прежде чем рассмотреть существующие методы и технологии, необходимо определить проблемы, связанные с разливом нефти (работа в группах).

1 АНАЛИЗ АВАРИЙ, СВЯЗАННЫХ С РАЗЛИВОМ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ НА МЕСТАХ ИХ ХРАНЕНИЯ

1.1 Характеристика нефтехранилищ и хранилищ ГСМ

Опасный производственный объект представляет собой комплекс зданий, сооружений, инженерных коммуникаций, предназначенных для приема, хранения и отгрузки нефтепродуктов.

Технологический процесс представлен следующими операциями:

- прием нефтепродуктов с железнодорожного транспорта в стационарные резервуары;
- хранение нефтепродуктов;
- отгрузка нефтепродуктов в автоналивные цистерны.

Классификация нефтебаз

Нефтебаза, в зависимости от различных критериев, может быть:

— по своему назначению:

1. перевалочной;
2. распределительной;
3. базой для хранения.

Резервуарный парк

— по транспортному критерию:

1. трубопроводной;
2. железнодорожной;
3. водной;
4. глубинной (находящейся на большом расстоянии от основных транспортных путей и снабжаемой автомобильным или воздушным транспортом).

Основные условия хранения нефтепродуктов

Независимо от типа используемых резервуаров, для каждого в отдельности составляется технологическая карта. В ней обязательно указывается:

- Номер цистерны, соответствующий плану.
- Предельная вместимость контейнера в м³.
- Наибольший допустимый уровень сырья в баке, в см.
- Граничная разрешенная температура подогрева продукции в °С.

На емкости возле прибора изменения уровня, а также на крыше у замерного лючка, наносят показатели максимального наполнения, несмываемой краской

- Виды и число дыхательных клапанов.
- Количество клапанов предохранения.
- Допустимая скорость заполнения и опустошения бака в м³/час.
- Описание приборов подогрева.
- Разрешенная предельная отметка наполнения с включенным подогревом.
- Отличаются сроки хранения нефтепродуктов согласно типу сырья и климатических зон

Стальные емкости необходимо систематически очищать. Сроки и частота зависят от типа нефтепродуктов:

- Светлые — минимум 1 раз в год.
- Темные — не реже 1 раза в два года.
- Масла — от 1 раза в год.

Порядок хранения нефтепродуктов предусматривает зачистку емкостей после их опустошения. Этот процесс обязателен и при длительном хранении сырья. Чтобы вещества не портились, внутри баков периодически нужно обновлять защитное покрытие, устойчивое к воздействию:

- Масел.
- Бензинов.
- Испарений.

Резервуары из железобетона чистят по мере образования налета, различных отложений и загрязнений. Процедура должна проводиться не менее раза в три года.

Стальные цистерны для хранения нефтепродуктов могут быть как вертикальными, так и горизонтальными

Виды емкостей для хранения нефтепродуктов

Современные способы хранения нефтепродуктов позволяют обеспечить безопасность продукции, исключить потерю сырья и его качества. Подбор оптимального варианта осуществляется с учетом производственных объемов и оборота потребления. Есть множество категорий и классов емкостей. К основным отличиям можно отнести:

Материалы

Резервуары должны быть не восприимчивы к воспламенению и коррозионным процессам. Они создаются каркасными или мягкими и могут быть:

- Железобетонными. Несмотря на надежность, такие бункеры имеют и ряд недостатков, среди которых сложная транспортировка.
- Металлическими. Для создания конструкций используются сплавы с высокими качественными характеристиками.
- Неметаллическими. Для емкостей разных типов применяют высокопрочный пластик и стеклопласт. Также к использованию допускается резинотканевая тара.

Существуют резервуары, оборудуемые в природных условиях. Для их создания используют естественные пустоты

Форму

Порядок хранения нефтепродуктов допускает использование конструкций, различной конфигурации. Существует несколько основных типов резервуаров:

- Цилиндрические. Могут быть практически любой вместимости. Достаточно просты в обслуживании.
- Сферические. Емкости круглого типа устанавливаются на специальные опорные приспособления.

– Каплевидные. Выполняются из эластичных основ. Для них не требуется каркас. Оборудовать такую конструкцию можно практически в любом месте. Резервуары требуют особого внимания не только при создании, но и уходе. [3]

Бункеры, цистерны и баки, в которых хранятся нефтепродукты, оснащаются соответствующим оборудованием, согласно проектной документации. В процессе их использования, необходимо следить за герметичностью тары, а также исправностью систем слива и налива

Основные отличия емкостей для хранения нефтепродуктов

Резервуары отличаются многими характеристиками. Среди основных факторов:

– Установка. В зависимости от типа базы и особенностей использования, применяется наземный, полуподземный, подземный и подводный монтаж.

– Вместительность. Резервуары выпускаются с разным объемом. Они могут вмещать как пару тонн, так и более ста тысяч.

– Сборка. Разрабатываются модели, поставляемые на объекты в готовом виде, и те, что собирают непосредственно на месте установки.

– Типоразмеры. Конвейерное производство позволяет сооружать конструкции всех форм и габаритов. Популярностью пользуются и индивидуальные решения.

Варианты расположения емкостей для хранения нефтепродуктов

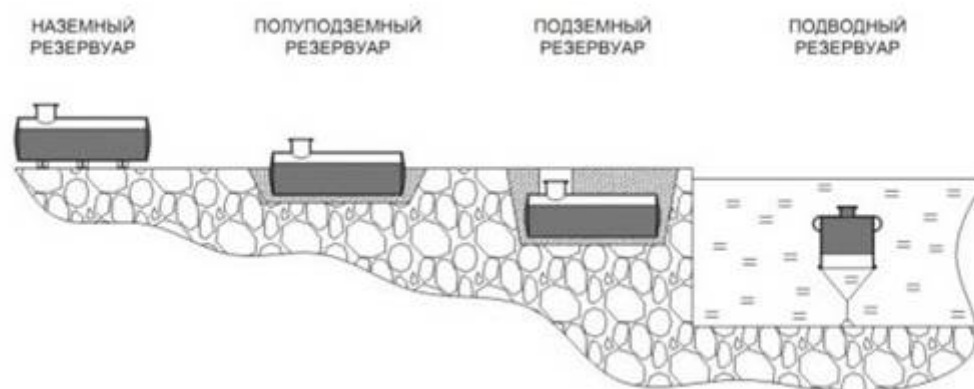


Рисунок 1 – Варианты расположения ёмкостей.

Объекты нефтебаз и их размещение

Размещение объектов на территории нефтебазы должно обеспечивать удобство их взаимодействия, рациональное использование территории, минимальную длину технологических трубопроводов, водоотводящих (канализационных), водопроводных и тепловых сетей при соблюдении всех противопожарных и санитарно-гигиенических требований.

Территория нефтебазы в общем случае разделена на зоны (производственная, вспомогательная, административно-хозяйственная) и участки.

Производственная зона включает объекты, на которых выполняются основные операции. В нее входят участки:

- 1) железнодорожных операций;
- 2) водных операций;
- 3) автомобильных операций;
- 4) хранения нефтепродуктов.

Вспомогательная зона включает объекты, на которых выполняются операции, не относящиеся к основным. Она делится на участки:

- 1) очистных сооружений;
- 2) вспомогательных сооружений.

Административно-хозяйственная зона включает объекты, не связанные с выполнением основных и вспомогательных операций. [4]

На участке железнодорожных операций размещаются сооружения для приема и отпуска нефтепродуктов по железной дороге. В состав объектов этого участка входят:

- а) железнодорожные тупики;
- б) сливо-наливные эстакады для приема и отпуска нефтепродуктов;
- в) нулевые резервуары, располагающиеся ниже железнодорожных путей;
- г) насосные станции для перекачки нефтепродуктов из вагонов-цистерн в резервуарный парк и обратно;
- д) лаборатории для проведения анализов нефтепродуктов;

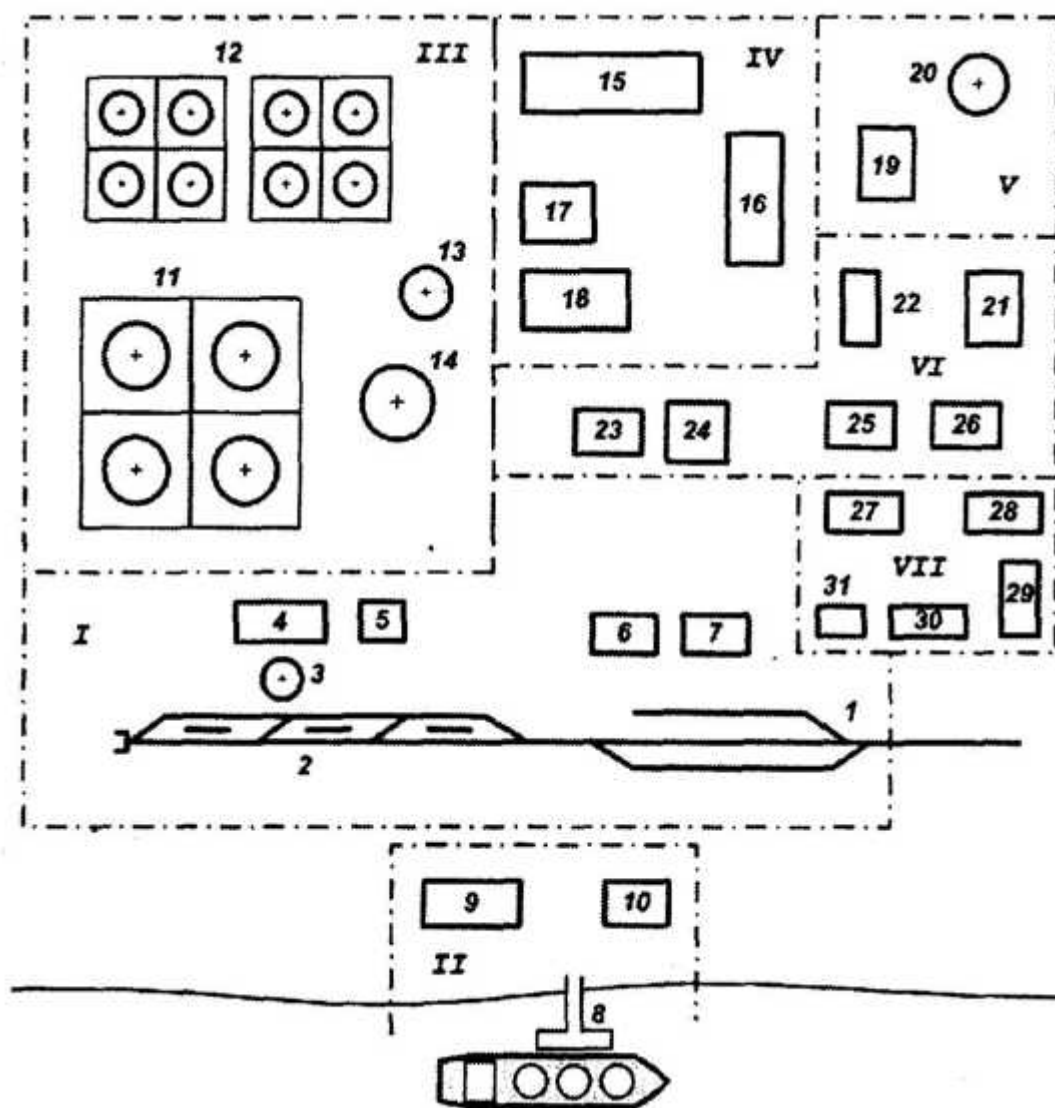


Рисунок 2 - Схема разбивки территории нефтебазы на зоны и участки:

- 1 — участок железнодорожных операций; II — участок водных операций; III — участок хранения нефтепродуктов;
- IV — участок автомобильных операций; V — участок очистных сооружений; VI — участок вспомогательных сооружений;
- VII — административно-хозяйственная зона; 1 — железнодорожный тупик;
- 2 — железнодорожная сливо-наливная эстакада; 3 — «нулевой» резервуар; 4, 9 — продуктовые насосные;
- 5 — лаборатория; 6, 10 — операторные; 7 — хранилище нефтепродуктов в таре; 8 — причал;
- 11 — резервуарный парк светлых нефтепродуктов;
- 12 — резервуарный парк темных нефтепродуктов; 13 — мерник; 14 — резервуар противопожарного запаса воды; 15 — автоэстакада;
- 16 — разливочная и расфасовочная; 17 — склад для хранения расфасованных нефтепродуктов; 18 — склад для тары; 19 — нефтеловушка;
- 20 — шламонакопитель; 21 — котельная; 22 — трансформаторная подстанция; 23 — водонасосная; 24 — мехмастерские;
- 25 — склад материалов, оборудования и запасных частей; 26 — конторы грузовых операций;
- 27 — пожарное депо; 28 — конторы;
- 29 — проходная; 30 — здание охраны; 31 — гараж

е) помещение для отдыха сливщиков и наливщиков (операторная);
ж) хранилища нефтепродуктов в таре;
з) площадки для приема и отпуска нефтепродуктов в таре. На участке водных операций сосредоточены сооружения для приема и отпуска нефтепродуктов баржами и танкерами, к ним относятся:

- причалы (пирсы) для швартовки нефтеналивных судов;
- стационарные и плавучие насосные;
- лаборатория;
- помещение для сливщиков и наливщиков.

Участок автомобильных операций предназначен для размещения средств отпуска нефтепродуктов в автоцистерны, контейнеры, бочки и бидоны, т.е. относительно мелкими партиями.

Здесь размещаются:

- а) автоэстакады и автоколонки для отпуска нефтепродуктов в автоцистерны;
- б) разливочные и расфасовочные для налива нефтепродуктов в бочки и бидоны;
- в) склады для хранения расфасованных нефтепродуктов;
- г) склады для тары;
- д) погрузочные площадки для автотранспорта.

На участке хранения нефтепродуктов размещаются:

- а) резервуары для светлых и темных нефтепродуктов;
- б) резервуары противопожарного запаса воды;
- в) мерники (при необходимости);
- г) обвалование — огнестойкие ограждения вокруг резервуарных парков, препятствующие разливу нефтепродуктов при повреждениях резервуаров.

На участке очистных сооружений сосредоточены объекты, предназначенные для очистки нефтесодержащих вод от нефтепродуктов. К ним относятся:

- а) нефтеловушки;
- б) флотаторы;

- в) пруды-отстойники;
- г) иловые площадки;
- д) шламонакопители;
- е) насосные;
- ж) береговые станции по очистке балластных вод.

На участке вспомогательных сооружений, обеспечивающих работоспособность основных объектов нефтебазы, находятся:

- а) котельная, снабжающая паром паровые насосы, систему подогрева нефтепродуктов и систему отопления;
- б) трансформаторная подстанция;
- в) водопроводная насосная станция;
- г) механические мастерские;
- д) склады материалов, оборудования и запасных частей, а также другие объекты.

Объекты вышеперечисленных участков соединяются между собой сетью трубопроводов для перекачки нефтепродуктов, их снабжения водой и паром, а также для сбора нефтесодержащих сточных вод [4].

В административно-хозяйственной зоне размещаются:

- а) контора;
- б) проходная;
- в) здание охраны;
- г) гараж;
- д) пожарное депо.

Перечисленные участки и объекты не обязательно входят в состав каждой нефтебазы. Их набор зависит от типа и категории нефтебазы, назначения и характера проводимых операций.

Так, например, на многих перевалочных нефтебазах нет зоны автомобильных операций, а на распределительных нефтебазах, снабжаемых нефтепродуктами с помощью автотранспорта, нет зон железнодорожных и водных операций.

Техническая оснащенность нефтебаз должна удовлетворять следующим требованиям:

- резервуарный парк должен обеспечивать прием, хранение и отгрузку заданного количества и ассортимента нефтепродуктов;
- технологические трубопроводы должны позволять вести одновременный прием и отгрузку различных марок нефтепродуктов без смешения и потери качества;
- наливные и сливные устройства, а также насосное оборудование должны обеспечивать соблюдение нормативов времени по сливу и наливу нефтепродуктов.

1.2 Основные причины аварий, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов

Основная часть территории нефтебазы является так называемой взрывоопасной зоной или даже взрывоопасным объектом. На всей территории такого взрывоопасного объекта действует специальный свод правил и требований, направленных на предотвращение подрыва взрывоопасной смеси, которая присутствует или может образовываться в случае аварии на объекте. Несоблюдение норм при эксплуатации резервуаров закономерно приводит к печальным последствиям.

Организация тушения нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках основана на оценке возможных вариантов возникновения и развития пожара. Пожары в резервуарах характеризуются сложными процессами развития, как правило, носят затяжной характер и требуют привлечения большого количества сил и средств для их ликвидации.

Проблема устойчивости функционирования объекта в современных условиях весьма актуальна, а ее успешное решение зависит от большой группы факторов. Прежде всего, они связаны с высокой степенью износа основных производственных фондов (особенно на предприятиях, как раз, нефтегазовой промышленности) и снижением темпов их обновления, повышением технологической мощности производства, ростом объемов транспортировки,

хранения и использования опасных веществ, а также накоплением отходов производства и более высокой вероятностью возникновения военных конфликтов и террористических актов.

В общем случае опасные факторы можно разделить на три класса:

- природно-экологические - терминал расположен в сложных геологических условиях, в сейсмоопасной и паводкоопасной зонах;
- техногенно-производственные - халатность обслуживающего персонала, непредвиденные и нежелательные последствия штатного функционирования технологических систем;
- антропогенно-социальные - теракты, военные конфликты, общий социально-экономический уровень района расположения объекта.

Любой промышленный объект включает в себя наземные здания и сооружения основного и вспомогательного производства, складские помещения и здания административно-бытового назначения. В зданиях и сооружениях основного и вспомогательного производства размещается типовое технологическое оборудование, сети газо-, тепло-, электроснабжения. Между собой здания и сооружения соединены сетью внутреннего транспорта, сетью энергоносителей и системами связи и управления. На территории промышленного объекта могут быть расположены сооружения автономных систем электро- и водоснабжения, а также отдельно стоящие технологические установки и т. д. Здания и сооружения возводятся по типовым проектам, из унифицированных материалов. Проекты производств выполняются по единым нормам технологического проектирования, что приводит к среднему уровню плотности застройки (обычно 30-60 %). Все это дает основание считать, что для всех промышленных объектов, независимо от профиля производства и назначения, характерны общие факторы, влияющие на устойчивость объекта и подготовку его к работе в условиях ЧС.

Для нефтебаз причинами возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) могут служить:

1. Воздействия природного и техногенного характера

2. Физические факторы воздействия:

— Отказ отдельных элементов технологических систем (поломка, разгерметизация) при нормальных параметрах технологического процесса и при отклонениях параметров технологического процесса от допустимых значений.

— Поломка заводского оборудования;

— Коррозия оборудования;

— Дефекты оснований резервуаров (неравномерная осадка ведет к образованию чрезмерных разрывающих и растягивающих усилий от давления жидкости);

— Брак сварочно-монтажных работ;

— Физический износ оборудования;

— Механическое повреждения или температурная деформация оборудования;

— Гидравлически удары, вибрация, превышения давления, а также образование взрывоопасных топливовоздушных смесей при опорожнении резервуаров типа РВС (со стационарной крышей) за счет подсоса воздуха через дыхательные клапаны);

3. Социальные факторы:

— Ошибки персонала при ведении технологического режима, несоблюдение персоналом установленного порядка обслуживания оборудования и трубопроводов, порядка пуска и остановки технологических блоков, в том числе нарушение режимов эксплуатации резервуаров (переполнение резервуаров, нарушение скорости наполнения и опорожнения, превышение давления в оборудовании выше допустимого, образование недопустимого разрежения внутри вертикального стального резервуара (РВС), ошибки при проведении чистки, ремонта и демонтажа (механические повреждения, дефекты сварочно-монтажных работ);

— Террористические акты;

При решении задач устойчивости объекта соблюдается принцип равной устойчивости ко всем поражающим факторам. Этот принцип заключается в доведении защиты зданий, сооружений и оборудования объекта до такого целесообразного уровня, при котором выход их из строя может произойти примерно на одинаковом расстоянии от источника чрезвычайной ситуации. При этом защита от одного поражающего фактора является определяющей. Такой определяющей защитой, как правило, принимается защита от ударной волны. Так, например, нецелесообразно повышать устойчивость здания к воздействию светового излучения, если оно находится на таком расстоянии от центра (эпицентра) взрыва, на котором под действием ударной волны произойдет его полное или сильное разрушение.

1.3 Сценарии развития аварий, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов

Исходя из известных аварий на объектах подобного рода, можно предположить сценарии и их дальнейшее развитие для исследуемого объекта. Каждая происшедшая или возможная авария на опасном объекте по совокупности всех признаков от момента инициализации до полной ликвидации последствий специфична и неповторима. Однако, по ряду параметров, признаков и показателей, все аварии могут быть сгруппированы во множества, для которых применимы количественные и качественные оценки по основным показателям последствий.

В абсолютном большинстве известных аварий начальная стадия - освобождение опасных веществ из закрытого технологического оборудования. Степень разгерметизации аварийного объекта имеет определяющее значение для характера дальнейшего развития аварии и тяжести ее последствий.

Обычно принято две степени разгерметизации:

- полная, при которой прогнозируется разрушение объекта с высвобождением всего количества содержащегося в нем опасного вещества;

- частичная, когда в результате инициирующих событий образуется место истечения с эффективной площадью истечения опасного продукта (отверстия диаметром 20-25 мм).

Для образующихся в результате аварии облаков топливно-воздушной смеси приняты стадии с последующими вариантами превращений:

- взрыв облака топливно-воздушных смесей (ТВС);
- «огненный шар»;
- сгорание облака ТВС в виде «пожара-вспышки»;
- рассеивание облака ТВС.

Образование облаков ТВС происходит в случаях выброса из разгерметизированного или разрушенного оборудования значительного количества опасного вещества в паровой фазе или мгновенного испарения опасного вещества из жидкой фазы за счет значительного перегрева. Далее происходит газодинамические процессы смешения паров опасного вещества с воздушной массой и появление на внешних слоях парогазового облака массивов смеси с концентрациями опасного вещества в пределах между нижним и верхним концентрационными пределами воспламенения. При появлении источника зажигания может происходить взрывное превращение облака ТВС, основным поражающим фактором которого является взрывная ударная волна, или сгорание облака ТВС с низкой скоростью распространения фронта пламени в режиме «пожара-вспышки», в этом случае основным поражающим фактором является тепловое воздействие.

Еще одной разновидностью возможных аварий с участием взрывоопасных веществ является - эффект «BLEVE». Это явление заключается во взрыве расширяющихся паров вскипающей жидкости при попадании замкнутого резервуара со сжиженным газом или жидкостью в очаг пожара. При этом происходит нагрев содержимого резервуара до температуры, существенно превышающей нормальную температуру кипения, с соответствующим повышением давления. За счет нагрева несмоченных стенок сосуда уменьшается предел прочности их материала, в результате чего при

определенных условиях оказывается возможным разрыв резервуара с возникновением волн давления и образованием «огневого шара».

При частичных разрушениях оборудования под избыточным давлением и трубопроводов возможен и такой вид превращения опасного вещества как факельное горение. Наиболее часто это наблюдается при частичном разрушении (разгерметизации) оборудования перегретыми легковоспламеняющимися жидкостями, сжиженными газами. Авария может сопровождаться и появлением расширяющейся зоны горящего разлива.

Следующим видом превращения взрывоопасных веществ в возможных авариях является пожар разлива, который может возникать как основное обособленное событие аварии, так и в сочетании с возможными взрывами облаков ТВС и пожаром - вспышкой. Наиболее вероятными могут быть аварии, возникающие при незначительных нарушениях герметичности оборудования.

Аварии с пожарами и взрывами менее вероятны, но приводят к более серьезным последствиям и поэтому являются более опасными. В перечне аварийных ситуаций применительно к каждому участку, технологической установке, зданию и сооружению промышленного предприятия выделяются группы аварийных ситуаций, которым соответствуют одинаковые модели возникновения и развития аварии.

Основными путями распространения пожаров на нефтебазе являются:

- дыхательные клапаны и дыхательные линии резервуаров с нефтепродуктами;
- разлившиеся нефтепродукты при повреждении резервуаров;
- облако паров легковоспламеняющихся жидкостей.

Для предотвращения распространения пожара все наземные резервуары ограждены сплошным земляным валом, рассчитанным на гидравлическое давление жидкости. Высота земляного вала, группы резервуаров, согласно требованиям, на 0,2 выше расчетного уровня разлившейся жидкости, но не менее 1,5 м. Ширина вала по верху 0,5 м. Объем, образуемый между откосами обвалования для группы резервуаров, равен емкости наибольшего резервуара,

расстояние от стенки резервуара до подошвы внутренних откосов обвалования не менее 6 метров.

Для предотвращения распространения пожара по системе производственной канализации предусмотрено устройство в ней гидравлических затворов. На дыхательных клапанах резервуаров, сообщающих паровоздушное пространство над поверхностью нефтепродукта в резервуаре с окружающей средой, установлены огнепреградители.

Возможными источниками ЧС(Н) являются:

- повреждения и разрушения резервуаров для хранения нефтепродуктов;
- неисправность сливно-наливной аппаратуры на эстакаде;
- авария с автоцистерной;
- авария с железнодорожным составом;
- повреждение и разрушение трубопровода.

Для опасных производственных объектов предприятия можно выделить следующие сценарии ЧС:

Сценарий № 1: разрушение наземного резервуара в результате одной из указанных далее причин - разгерметизация резервуара и истечение нефтепродукта - накопление нефтепродукта в пределах обвалования;

Сценарий № 2: неисправность аппаратуры (или действие человеческого фактора) при сливе нефтепродукта из ж/д. цистерны в резервуар или налив в автоцистерну - перелив резервуара - разлив нефтепродукта;

Сценарий № 3: разрушение цистерн ж/д. состава – разгерметизация цистерн разлив нефтепродукта;

Сценарий № 4: авария автоцистерны - разгерметизация автоцистерны - последующий разлив нефтепродукта и его распространение по поверхности земли;

Сценарий № 5.1: повреждение трубопровода - разгерметизация трубопровода - истечение нефтепродукта в напорном режиме до остановки перекачки и закрытия задвижек и его последующее распространение по поверхности земли;

Сценарий № 5.2: повреждение трубопровода (прокол) - разгерметизация трубопровода - истечение нефтепродукта в напорном режиме и его последующее распространение по поверхности земли [6].

1.4 Крупные аварии, связанные с разливами нефти и нефтепродуктов

Россия по праву считается одной из величайших нефтяных держав мира. В год Россия добывает свыше 540 миллионов тонн нефти, уступая по количеству добываемой нефти только США. Но, к сожалению, Россия держит пальму первенства по количеству аварийных разливов нефтепродуктов.

По данным Министерства энергетики, в 2019 году на предприятиях топливно-энергетического комплекса произошло более 17 тысяч аварий с разливами нефти. Из них 10,5 тысячи случаев на нефтепроводах. Это значит, что нефтяные аварии случаются в России каждые полчаса.

Основные разливы нефтепродуктов, которые произошли за 10 месяцев 2020 года.

1. Разлив мазута в Находке 14 марта

Первым довольно крупным разливом нефтепродуктов в 2020 году стал инцидент в Приморском крае. В результате взрыва цистерны в окружающую среду попало свыше 2500 тонн мазута. По некоторым данным, взрыв произошел из-за износа оборудования, которое больше не могло выдерживать высокие нагрузки. Взрыв произошел практически в самом центре города, попав в озеро “Солёное”. К сожалению, действия по ликвидации разлива были приняты недостаточно оперативно, что повлекло за собой гибель флоры и фауны в озере, а также в его прибрежной зоне[7].

2. Разлив дизтоплива в Норильске 29 мая

Самый громкий и крупный разлив нефтепродукта в 2020 году произошел в конце мая в Норильске. В результате многочисленных нарушений по обслуживанию РВС на ТЭЦ-3 и под воздействием таяния вечной мерзлоты резервуар просел, а затем и вовсе лопнул, извергнув из себя свыше 20 тысяч тонн дизельного топлива прямо в окружающую среду.

“Сбежавший” нефтепродукт очень быстро распространился по весенней тундре, попав сначала в реку Амбарную, а из нее уже в озеро Пясино, из которого, в свою очередь, вытекают реки, идущие в Карское море. Так как действия для первичной очистки воды от нефтепродукта были предприняты с большим запозданием, дизтопливо все-таки попало в Карское море.

По оценке Greenpeace, разлив топлива в Норильске по масштабу ущерба для окружающей среды является самой крупной катастрофой в заполярной Арктике (180 тысяч квадратных метров), после которой природа будет восстанавливаться больше 10 лет. [7]

3. Разлив нефтепродуктов в Химках 25 июня

Всего через месяц после происшествия в Норильске, большое масляное пятно на воде с устойчивым запахом горюче-смазочных материалов, вытекающее из реки Грачевки, увидели жители подмосковных Химок. По официальным данным, площадь разлива составила около 23 тысяч квадратных метров.

В Федеральном агентстве водных ресурсов говорят, что к загрязнению Химкинского водохранилища причастны несколько организаций, их названия не приводятся. В Росприроднадзоре сначала объявили, что утечка произошла с территории «Спецстроя», однако в Минобороны напомнили, что «Спецстрой» был упразднен четыре года назад. Тем не менее в Химках расположены объекты Главного военно-строительного управления № 14.

4. Разлив нефтепродуктов в порту Хатанга 27 сентября

В конце сентября на Таймыре произошел разлив топлива во время шторма при перекачке ГСМ по временному трубопроводу, ведущему от танкера «Ленанефть-2060» на склад ГСМ ООО “Энергия”. Согласно официальной информации судно аварийно оторвалось от берега. В результате разгерметизировался трубопровод и около тонны ГСМ попало в реку Хатанга и на почву.

По некоторым данным, несмотря на оперативную локализацию разлива, часть нефтепродукта все-таки попала в залив моря Лаптевых. С места происшествия было вывезено больше 100 бочек с водно-топливной смесью.

5. Разлив дизтоплива в Новой Кежме 10 октября

Самый недавний разлив произошел опять в Красноярском крае. На этот раз лопнула цистерна с дизельным топливом во время ее перемещения на барже ООО “Приангарский ЛПК” через реку Ангару. Согласно первичным подсчетам, в воду и почву попало около 500 тысяч литров дизельного топлива.

Сотрудники МЧС полагают, что в цистерне было дизельное топливо, а объём разлива может достигать десяти тонн. На данный момент обнаружить следы нефтепродуктов не удалось, но обследование реки продолжается. Специалисты намерены продвинуться на 40–50 километров дальше. В МЧС опасаются, что топливо может дойти до Богучанского водохранилища и нанести значительный ущерб флоре и фауне.

2 ОСНОВНЫЕ МЕТОДИКИ АНАЛИЗА АВАРИЙ

Любая авария есть результат системного взаимодействия нескольких причин, которые образуют некоторую иерархическую структуру. Непосредственная причина, вызвавшая аварию, является следствием одной или нескольких причин другого уровня, которые в свою очередь вызваны причинами более низкого уровня и т.д.

Таким образом, каждая авария является многопричинной.

Количество причин теоретически может быть сколько угодно большим, однако практически анализ по логическим соображениям ограничивается выявлением только таких причин, устранение которых направлено на повышение безопасности,

Анализ опасностей невозможен без процедуры декомпозиции, т.е. разложения сложных систем на более простые, вплоть до элементарных.

Анализ опасностей может быть априорный, т.е. профилактический, до возникновения аварии, и апостериорный, т.е. после возникновения аварии. Порядок анализа в обоих случаях может быть прямым (от аварии к причинам) и обратным (от причин к аварии).

Принципы системности, многопричинности, иерархичности и декомпозиции составляют методологическую основу анализа опасностей. Главной целью анализа опасностей является установление причинных взаимосвязей, приводящих к аварии, и отыскание профилактических мероприятий.

Причинные взаимосвязи могут быть представлены графически в форме "деревьев причин". Графический метод разработан в начале 1960-х годов Уотсоном (США) для анализа процесса запуска ракет. При построении "деревьев" используются специальные логические символы. Метод описан в книге Хенли Дж.Э., Кумамото Х. "Надежность технических систем и оценка риска".

Метод построения "дерева" причин трудно формализуем и требует больших затрат времени высококвалифицированных экспертов.

Более простой способ построения "деревьев" причин использован в отечественной космонавтике и описан в книге Г.Т. Берегового "Безопасность космических полетов".

Методики анализа с помощью "деревьев" причин пригодных для широкого применения пока нет. Анализ опасностей может носить не только качественный, но и количественный характер. В последнем случае на основе статистических данных определяется риск, количественная оценка опасности.

По результатам анализа разрабатываются мероприятия, направленные на предупреждение аварий или уменьшения их вероятности. Профилактические мероприятия делятся на 2 группы: повышающие безопасность технических систем и снижающие вероятность ошибочных действий персонала.

При разработке мероприятий ориентируются на известные методы, принципы и средства обеспечения безопасности.

2.1 Статистический метод

Вероятностно-статистические методы анализа риска предполагают, как оценку вероятности возникновения аварии, так и расчет относительных вероятностей того или иного пути развития процессов. При этом анализируются разветвленные цепочки событий и отказов, выбирается подходящий математический аппарат и оценивается полная вероятность аварии. Расчетные математические модели при этом можно существенно упростить по сравнению с детерминированными методами. Основные ограничения метода связаны с недостаточной статистикой по отказам оборудования. Кроме того, применение упрощенных расчетных схем снижает достоверность получаемых оценок риска для тяжелых аварий. Тем не менее, вероятностный метод в настоящее время считается одним из наиболее перспективных. На его основе построены различные методики оценки рисков, которые в зависимости от имеющейся исходной информации делятся на:

- статистические, когда вероятности определяются по имеющимся статистическим данным (при их наличии);
- теоретико-вероятностные, используемые для оценки рисков от редких событий, когда статистика практически отсутствует;
- вероятностно-эвристические, основанные на использовании субъективных вероятностей, получаемых с помощью экспертного оценивания. Используются при оценке комплексных рисков от совокупности опасностей, когда отсутствуют не только статистические данные, но и математические модели (или их точность слишком низка).

2.2 Метод диаграмм причинно-следственных связей «дерево отказов» (FTA)

Анализ причин промышленных аварий показывает, что возникновение и развитие крупных аварий, как правило, характеризуется комбинацией случайных локальных событий, возникающих с различной частотой на разных стадиях аварии (отказы оборудования, человеческие ошибки при эксплуатации, проектировании, внешние воздействия, разрушение, разгерметизация, выброс, утечка, пролив вещества, испарение, рассеяние веществ, воспламенение, взрыв, интоксикация и т.д.). Для выявления причинно-следственных связей между этими событиями используют логико-графические методы деревьев отказов и событий. [1]

Дерево отказов - это топологическая модель надежности и безопасности, которая отражает логико-вероятностные взаимосвязи между отдельными случайными исходными событиями в виде первичных отказов или результирующих отказов, совокупность которых приводит к главному анализируемому событию. Таким образом, дерево отказов - это ориентировочный граф в виде дерева.

При анализе возникновения отказа, дерево отказов состоит из последовательностей и комбинаций нарушений и неисправностей, и таким образом оно представляет собой многоуровневую графологическую структуру причинных взаимосвязей, полученных в результате прослеживания опасных

ситуаций в обратном порядке, для того чтобы отыскать возможные причины их возникновения (Рисунок 2. Условная схема построения дерева отказов).

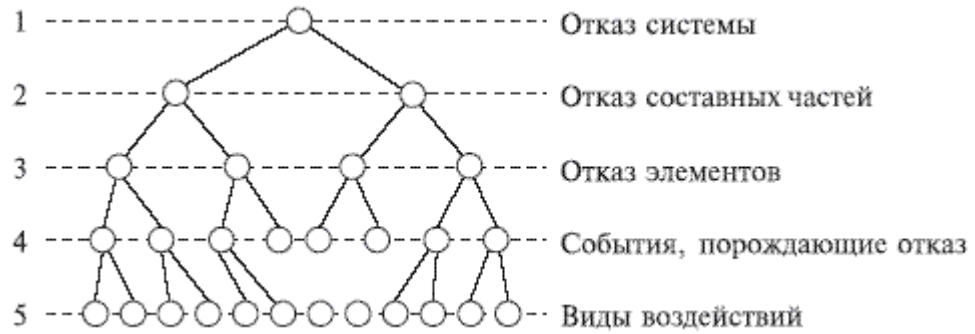


Рисунок 3 - Условная схема построения дерева отказов

Основной целью построения дерева неисправностей является символическое представление существующих в системе условий, способных вызвать ее отказ. Кроме того, построенное дерево позволяет показать в явном виде слабые места системы и является наглядным средством представления и обоснования принимаемых решений, а также средством исследования компромиссных соотношений или установления степени соответствия конструкции системы заданным требованиям.

используемые при построении деревьев отказов

Вид элемента	Наименование	Описание
	Схема И (совмещение)	Выходной сигнал B появляется только тогда, когда поступают все входные сигналы $(A_1 \wedge A_2 \wedge \dots \wedge A_n) \Rightarrow B$
	Схема ИЛИ (объединение)	Выходной сигнал B появляется при поступлении любого одного или большего числа сигналов A_i $(A_1 \vee A_2 \vee \dots \vee A_n) \Rightarrow B$
	Результирующее событие	Результат конкретной комбинации отказов на входе логической схемы
	Первичный отказ	
	Неполное событие	Отказ (неисправность), причины которого выявлены неполностью, например из-за отсутствия информации
	Ожидаемое событие	Отказ, появление которого ожидается

Выделяют пять типов вершин дерева отказов (ДО):

- вершины, отображающие первичные отказы;
- вершины, отображающие результирующие или вторичные отказы;
- вершины, отображающие локальные отказы, которые не влияют на возникновение других отказов;
- вершины, соответствующие операции логического объединения случайных событий (типа «ИЛИ»);
- вершины, соответствующие операции логического произведения случайных событий (типа «И»).

Каждой вершине ДО, отображающей первичный или результирующий отказ, соответствует определенная вероятность возникновения отказа. Одним из основных преимуществ ДО является то, что анализ ограничивается выявлением только тех элементов систем и событий, которые приводят к постулируемому отказу или аварии. Чтобы определить вероятность отказа, необходимо найти аварийные сочетания, для чего необходимо произвести качественный и количественный анализ дерева отказов.

Структура дерева отказа включает одно головное событие (аварию, инцидент), которое соединяется с набором соответствующих нижестоящих события (ошибок, отказов, неблагоприятных внешних воздействий), образующих причинные цепи (сценарии аварий). Для связи между событиями в узлах деревьев используются знаки «И» и «ИЛИ». Логический знак «И» означает, что вышестоящее событие возникает при одновременном наступлении нижестоящих событий (соответствует перемножению их вероятностей для оценки вероятности вышестоящего события). Знак «ИЛИ» означает, что вышестоящее событие может произойти вследствие возникновения одного из нижестоящих событий.

Обычно предполагается, что исследователь, прежде чем приступить к построению дерева неисправностей, тщательно изучает систему. Поэтому описание системы должно быть частью документации, составленной в ходе такого изучения.

В зависимости от конкретных целей анализа дерева неисправностей для построения последнего специалисты по надежности обычно используют либо метод первичных отказов, либо метод вторичных отказов, либо метод инициированных отказов.

Метод первичных отказов. Отказ элемента называется первичным, если он происходит в расчетных условиях функционирования системы. Построение дерева неисправностей на основе учета лишь первичных отказов не представляет большой сложности, так как дерево строится только до той точки, где идентифицируемые первичные отказы элементов вызывают отказ системы.

Метод вторичных отказов. Чтобы анализ охватывал и вторичные отказы, требуется более глубокое исследование системы. При этом анализ выходит за рамки рассмотрения системы на уровне отказов ее основных элементов, поскольку вторичные отказы вызываются неблагоприятным воздействием окружающих условий или чрезмерными нагрузками на элементы системы в процессе эксплуатации.

Метод инициированных отказов. Подобные отказы возникают при правильном использовании элемента, но в неустановленное время или в неполюженном месте. Другими словами, инициированные отказы - это сбои операций координации событий на различных уровнях дерева неисправностей: от первичных отказов до завершающего события (нежелательного либо конечного).

2.2 Метод диаграмм причинно-следственных связей «дерево событий» (ETA)

Как и в случае с моделированием методом построения дерева отказов (FTA), анализ дерева событий (EventTreeAnalysis, ETA) в качестве отправной точки использует определение нежелательного события-вершины, которое может быть выбрано в результате ранее проведенного анализа видов, последствий [и критичности] отказов (FME[C]A). В отличие от методики анализа дерева отказов (FTA), целью моделирования методом построения дерева событий (ETA) является установление последствий наступления нежелательного события.

Дерево событий - индуктивный логический метод для идентификации различных последствий аварийной ситуации, которые могут произойти от единственного инициирующего события.

Метод построения дерева событий - это графический способ прослеживания последовательности отдельных возможных неблагоприятных событий с оценкой вероятности каждого из промежуточных событий и вычислений суммарной вероятности конечного события, приводящего к развитию аварийной ситуации.

Графическая часть дерева событий (диаграмма состояний) представляет собой систему горизонтальных и вертикальных линий, строящихся слева направо от инициирующего события (ИС), через промежуточные события (ПС) к результирующему событию (РС).

Дерево событий строится, начиная с заданных исходных неблагоприятных событий, называемых инициирующими событиями. Затем прослеживаются возможные пути развития последствий этих событий по цепочке причинно - следственных связей в зависимости от одного или другого результата промежуточных звеньев системы. Построение дерева событий позволяет последовательно проследить за последствиями каждого возможного исходного события и вычислить максимальную вероятность главного (конечного) события от каждого из таких инцидентов. Основное при этом - не пропустить какой-либо из возможных инцидентов и учесть все промежуточные звенья системы.



Рисунок 4 - Основное графическое представление дерева событий

Этот метод позволяет определить общую вероятность наступления неблагоприятного события и оценить его последствия.

Анализ деревьев событий (АДС) (EventTreeAnalysis - ЕТА) - алгоритм построения последовательности событий, исходящих из инициирующего события (аварийной ситуации). Метод используется для анализа развития аварийной ситуации. Частота каждого сценария развития аварийной ситуации

рассчитывается путем умножения частоты основного события на условную вероятность конечного события (например, аварии с разгерметизацией, с воспламенением). Результатом оценки риска является перечень исходов для каждого рассматриваемого случая; при этом рассчитываются частота и последствия; т.е. величины ожидаемых последствий. [1]

3 РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКОВ АВАРИЙ НА НЕФТЕХРАНИЛИЩАХ

3.1 Анализ и разработка рекомендаций на основе метода FTA

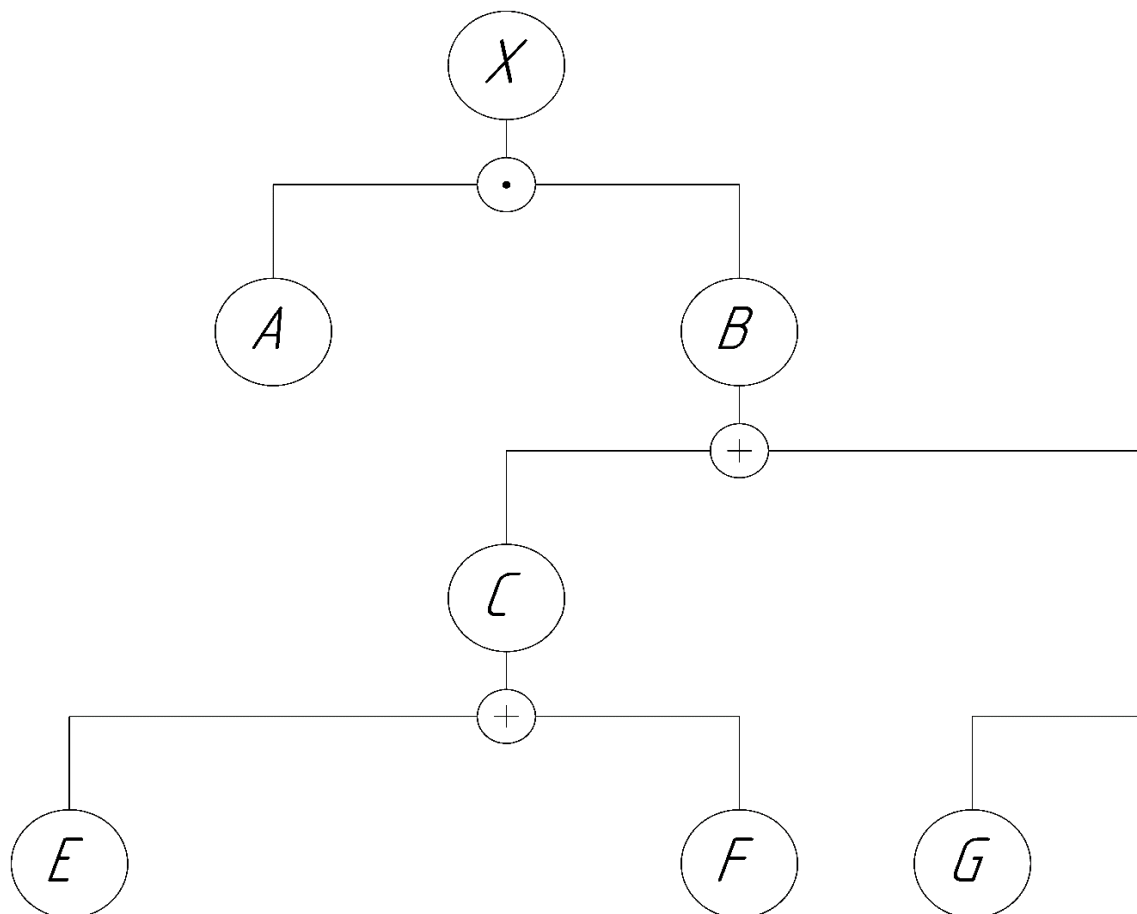


Рисунок 5 – Дерево отказов «Разлив нефти и (или) нефтепродуктов на местах их хранения»

X-Разлив нефти и (или) нефтепродуктов на территории нефтехранилища

A - Наличие резервуарного парка и системы трубопровода с нефтепродуктами

B-Наличие уязвимых систем

C-Технический фактор

D - Человеческий фактор

E - Разрушение непосредственно резервуаров

F - Разрушение нефтепровода

G - Нарушение регламента проведения ремонтно-технических работ

Н - Нарушение регламента проведения сливо-наливных работ, работ по зачистке резервуаров,

К - Природные факторы такие как: подвижки грунта, ураган, торнадо и т.п.

L -Износ стенок резервуара, нарушение правил эксплуатация резервуара

М - Природные факторы такие как: подвижки грунта, ураган, торнадо и т.п.

N - Износ запорной арматуры нефтепровода, нарушение правил эксплуатация нефтепровода

O- Оплошности, неосторожность, и не аккуратность рабочих на территории и непосредственно в близи резервуаров

P - Оплошности, неосторожность, и не аккуратность рабочих на территории и непосредственно в близи нефтепровода

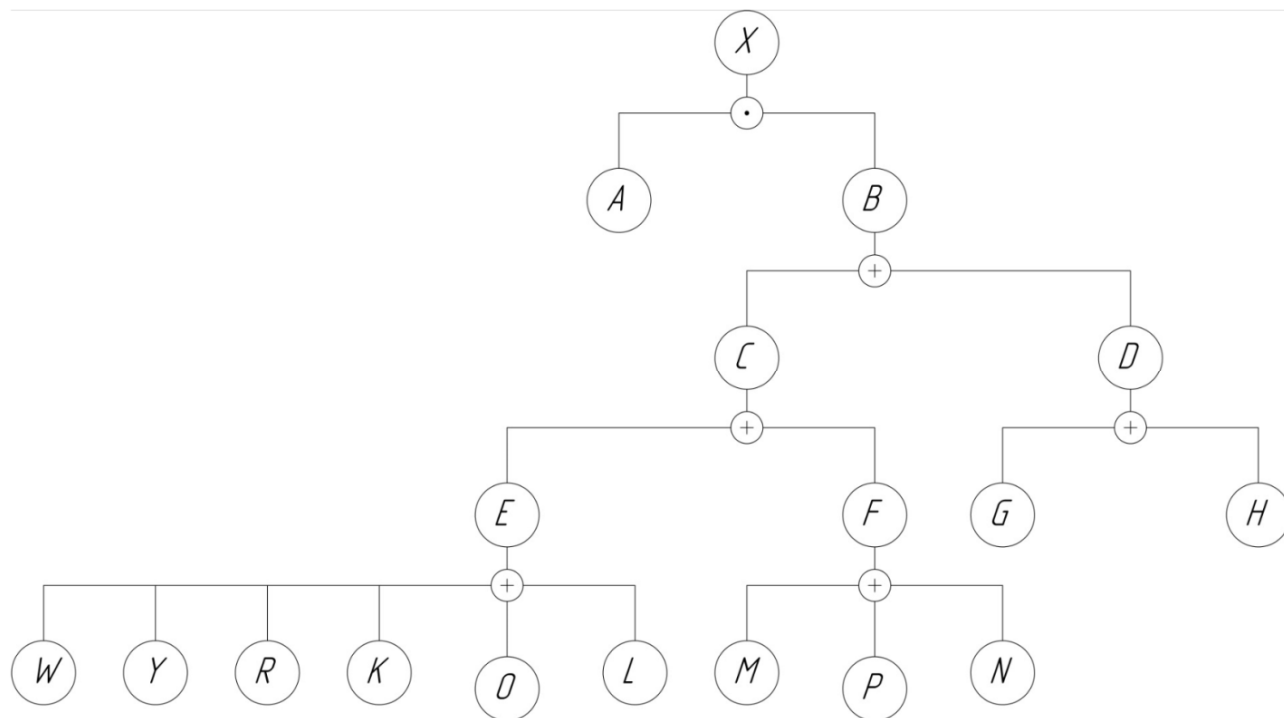


Рисунок 6 – Дерево отказов «Разлив нефти и (или) нефтепродуктов в большом объёме на местах их хранения»

X- Разлив нефти и (или) нефтепродуктов в больших объёмах на территории нефтехранилища

А - Наличие резервуарного парка и системы трубопровода с нефтепродуктами

В- Наличие уязвимых систем

С- Технический фактор

D - Человеческий фактор

Е - Разрушение непосредственно резервуаров

F - Разрушение нефтепровода

G - Нарушение регламента проведения ремонтно-технических работ

Н - Нарушение регламента проведения сливо-наливных работ, работ по зачистке резервуаров

К - Природные факторы такие как: подвижки грунта, ураган, торнадо и т.п.

L - Износ стенок резервуара, нарушение правил эксплуатация резервуара

M- Природные факторы такие как: подвижки грунта, ураган, торнадо и т.п.

N - Износ запорной арматуры нефтепровода, нарушение правил эксплуатация нефтепровода

O- Оплосности, неосторожность, и не аккуратность рабочих на территории и непосредственно в близи резервуаров

P - Оплосности, неосторожность, и не аккуратность рабочих на территории и непосредственно в близи нефтепровода

Y- Отсутствие аварийного резервуара либо он заполнен другими видами нефтепродуктов

R - Отсутствие обвалования или не достаточность имеющегося обвалования

W-Хранение всего объёма нефти или нефтепродукта в одном резервуаре из-за чего возрастает вероятность крупного нефти разлива

На основании выше предложенных «деревьев отказов» рекомендую следующие мероприятия:

– Использовать для хранения нефтепродуктов несколько меньших по объёму резервуаров, а не один резервуар большого объёма. Например, вместо резервуара объёмом 2000 м³ использовать 4 резервуара объёмом 500 м³, что в свою очередь в случаи разгерметизации или аварии повлечет меньшие экологические последствия, а, следовательно, и меньшие затраты возмещения ущерба окружающей среде.

– Иметь в резервуарном парке один, а то и несколько аварийных резервуаров которые в свою очередь должны быть постоянно пустыми и в исправном техническом состоянии. В такой резервуар в случаи аварии с утечкой нефтепродуктов можно будет перекачивать сырье, что позволит уменьшить объёмы нефти разлива.

– Следить за состоянием обвалования и за его наличием или же заменить земляное обвалование на бетонное. Дабы не допустить нефти разлива на обширных территориях, и снизить негативное воздействие на почву.

3.2 Анализ на основе метода ЕТА

На основании статистики приведенной в «Статистика чрезвычайных происшествий на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности за 2007-2016 гг.» Краснов А. В., Садыкова З. Х., Пережогин Д. Ю., Мухин И. А. Уфимского Государственного нефтяного технического университета, г. Уфа. Было построено дерево событий при разгерметизации резервуара с нефтью или нефтепродуктами которое представлено в приложении А[2].

Из дерева событий видно, что наиболее вероятный исход событий при разгерметизации резервуара - это истечение без мгновенного воспламенения, которое, в свою очередь, в равновероятном случае приводит к образованию первичного газового облака и образованию пролива нефтепродуктов. Представленная диаграмма также отличается от стандартных наличием дополнительного сценария, характеризующегося проливом без последующего воспламенения.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

Разливы нефти могут оказать существенное влияние на окружающую среду по причине гибели организмов от физического удушья и вследствие токсического воздействия. Как правило, степень негативного воздействия зависит от количества и вида разлитой нефти, окружающих условий и восприимчивости организмов и мест их обитания к воздействию нефти.

Воздействие разлитой нефти на среду носит самый различный характер. Как правило, в средствах массовой информации эти события называют «экологическими катастрофами», сообщая о неблагоприятных прогнозах для выживания животных и растений. Крупная авария может оказать серьезное краткосрочное воздействие на окружающую среду и стать тяжелым бедствием для экосистемы.

Исследования последствий нефтяных разливов проводятся уже несколько десятилетий и нашли отражение в научной и технической литературе.

Научная оценка типичных последствий нефтяного разлива показывает, что, хотя на уровне отдельных живых организмов наносимый вред может быть достаточно весомым, для популяций в целом характерна более высокая устойчивость. В результате работы естественных процессов восстановления вред нейтрализуется, и биологическая система возвращается к нормальной жизнедеятельности.

Лишь в редких случаях имеет место долгосрочный ущерб, в основном, даже после обширных нефтяных разливов можно предполагать, что загрязненные места обитания живых организмов восстановятся в течение нескольких сезонных циклов.

Существуют следующие механизмы воздействия нефти на окружающую среду: физическое удушье, сказывающееся на физиологических функциях организмов; химическая токсичность, приводящая к гибели организмов или близкому к смертельному состоянию либо к нарушениям функций клеток; экологические изменения, заключающиеся в основном в гибели ключевых

организмов в популяции и захвате среды обитания оппортунистическими видами; косвенные последствия.

Характер и длительность последствий разливов нефти зависит от многих факторов: количества и вида разлитой нефти, окружающие условия и физические характеристики в месте разлива нефти, фактор времени, преобладающие погодные условия, биологический состав пострадавшей от загрязнения среды, экологическая значимость входящих в него видов и их восприимчивость к нефтяному загрязнению.

Возможные последствия разлива нефти зависят от скорости растворения и рассеивания загрязняющего вещества в воде в результате естественных процессов. Эти параметры являются определяющими территорию распространения загрязнения и вероятность длительного воздействия повышенных концентраций нефти или ее токсичных компонентов на уязвимые природные ресурсы.

К восприимчивым относятся организмы, сильнее других страдающие при контакте с нефтью или ее химическими компонентами. Менее восприимчивые организмы с большей вероятностью могут выдержать кратковременное воздействие нефтяного загрязнения.

С целью определения масштабов ущерба необходимо знать характеристики разлитой нефти. Разлив большого объема стойкой нефти (например, тяжелая топливная нефть), может нанести значительный ущерб, заключающийся в удушье организмов. Тяжелая топливная нефть, которая отличается низкой растворимостью в воде, оказывает менее выраженное токсическое воздействие в связи с низкой биологической доступностью своих химических компонентов.

Химические компоненты легкой нефти отличает более высокая биологическая доступность, следовательно, они с большей вероятностью могут причинять токсические повреждения. Нефть этого вида достаточно быстро рассеивается в результате испарения и дисперсии, а значит, может нанести

меньше вреда при условии, что уязвимые природные ресурсы в достаточной мере удалены от места разлива.

Самые существенные и продолжительные последствия вероятны при обстоятельствах, когда растворение нефти замедлено. Даже если интенсивность воздействия ниже уровня, вызывающего гибель организмов, наличие токсичных компонентов может привести к состоянию, близкому к смертельному.

Экологические системы, все без исключения, достаточно сложные и естественные колебания видового состава, численности популяций и их распространение в пространстве и времени – это базовые показатели ее нормальной жизнедеятельности. Животные и растения обладают естественной устойчивостью различной степени к изменениям в пределах своей среды обитания. Естественное приспособление организмов к воздействию окружающей среды, пути и стратегии размножения очень важны для выживания при ежедневных и сезонных изменениях окружающих условий. Врожденная устойчивость говорит о том, что некоторые растения и животные могут выдержать определенный уровень нефтяного загрязнения.

Кроме того, получило широкое распространение чрезмерное использование природных ресурсов, хроническое загрязнение окружающей среды в городах, промышленное загрязнение окружающей среды. Все вышеперечисленное значительно повышает изменчивость в рамках экологических систем. На фоне высокой естественной изменчивости становится сложнее обнаружить более слабовыраженный ущерб от разлива нефти. Способность среды восстанавливаться после серьезных нарушений связана с ее сложностью и устойчивостью. Восстановление после разрушительных природных событий демонстрирует, что с течением времени экологические системы восстанавливаются даже после серьезного урона, сопровождающегося масштабной гибелью организмов.

В результате естественной изменчивости экологических систем возврат к тому же состоянию, в котором система пребывала до разлива нефти, является маловероятным.

Восстановление – это повторное образование сообщества флоры и фауны, присущего данной среде обитания и нормально функционирующего, с точки зрения биологического разнообразия и продуктивности. Как правило, до разлива нефти в экологической системе присутствуют организмы всех возрастов. Вновь появившиеся растения и животные относятся к узкому возрастному диапазону, таким образом, такое сообщество является изначально менее устойчивым.

Разлив нефти может непосредственно воздействовать на организмы, обитающие в экологической системе, либо приводить к потере среды обитания в долгосрочной перспективе. Естественное восстановление сложной экологической системы может занимать длительное время, следовательно, внимание уделяется принятию реабилитационных мер для ускорения процесса.

Эффективные операции по очистке включают в себя удаление разлитой нефти в целях сокращения участка ее распространения и сокращения длительности ущерба от загрязнения, и, следовательно, ускорения начала процесса восстановления. Вместе с тем, агрессивные методы очистки могут нанести дополнительный ущерб, при этом более предпочтительны естественные процессы очистки. Со временем происходит снижение токсичности нефти под действием ряда факторов, и на загрязненном грунте может нормально расти и развиваться растительность. Например, происходит вымывание нефти дождями, летучие фракции испаряются по мере выветривания, что снижает токсичность остаточной нефти.

Благодаря способности среды к восстановлению естественным путем воздействия разлива нефти является локальным и проходящим. Долгосрочный ущерб зафиксирован всего в нескольких случаях. Вместе с тем, в некоторых обстоятельствах последствия ущерба могут быть более стойкими, а нарушения

в экологической системе могут носить более длительный характер, чем обычно ожидается.

Обстоятельства, влекущие за собой стойкий долгосрочный ущерб, связаны со стойкостью нефти, особенно если нефть занесена в почвенную толщу и не подвергается естественным процессам выветривания. При смешивании с мелкозернистым грунтом происходит оседание нефти и ее распад замедляется ввиду отсутствия кислорода. Нефтепродукты, обладающие большей плотностью, оседают и могут оставаться в неизменном состоянии в течение неопределенного времени, вызывая удушье организмов.

Согласно существующему положению исследования последствий загрязнения нефтью проводятся по каждой крупной аварии. В результате этих исследований накоплены обширные знания о возможных последствиях разливов для окружающей среды. Изучение последствий каждого разлива не является необходимым и уместным. Вместе с тем исследования такого рода необходимы для определения масштаба, характера и длительности последствий в конкретных обстоятельствах после разлива.

В большинстве своем последствия загрязнения нефтью хорошо изучены и предсказуемы, следовательно, необходимо направить усилия на оценку ущерба. Демонстрируемая окружающей средой изменчивость означает, что изучение широкого спектра потенциальных последствий может привести к неопределенным результатам.

Нефть и нефтепродукты нарушают экологическое состояние почвенных покровов и в целом деформируют структуру биоценозов. Почвенные бактерии, а также беспозвоночные почвенные микроорганизмы и животные не в состоянии качественно выполнять свои важнейшие функции в результате интоксикации легкими фракциями нефти.

Методы химического анализа загрязняющих веществ постоянно совершенствуются. Концентрацию потенциально токсичных компонентов нефти можно определить с достаточно высокой точностью.

Одна из наиболее важных задач при оценке ущерба – выявление направлений развития наблюдаемого ущерба и качественное определение конкретного нефтесодержащего загрязняющего вещества, которое вызвало этот ущерб, особенно в хронически загрязненных средах. Этот анализ проводится методом газовой хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией.

Для выявления воздействия на животных полициклических ароматических углеводородов, которые содержатся в сырой нефти и нефтепродуктах, регулярно используются биомаркеры. Данный метод позволяет достаточно точно определить воздействие полициклических ароматических углеводородов, даже если дозовая нагрузка не обнаружена, и является методом ранней диагностики возможного ущерба. Например, измерение этоксирезорифин-О-деэтилазной активности дает возможность определить уровни ферментов в тканях печени, которые участвуют в обмене веществ и выведении токсинов. Изменение уровня активности этого фермента может быть вызвано и другими причинами, например, присутствием схожих токсичных веществ, которые не связаны с нефтью. Уровни активности зависят от возраста и репродуктивного статуса животного и от динамики температуры. Следовательно, при проведении исследования важно учесть все эти влияющие на выводы факторы.

Первоочередность определяется рядом факторов. Изначально определяется шкала, по которой будут определены последствия разлива: относительно данных по состоянию до разлива, по результатам сравнения с аналогичными видами, сообществами или экологическими системами на незатронутых территориях или путем контроля процесса восстановления по определенному признаку очевидного ущерба. Исследования в лабораториях и на местах разлива говорят о гибели и переходе живых организмов в близкое к смертельному состояние при взаимодействии с нефтью, но уровень изменчивости живых организмов настолько велик, что сравнение состояний до и после разлива не дает достоверных результатов.

Среди других факторов необходимо учитывать географическую протяженность загрязненных территорий, степень загрязнения и соответствующие уровни воздействия (концентрация и длительность), степень повреждения ресурсов, которые затронут нефтяным разливом, а также практическую осуществимость исследований.

Природовосстановление представляет собой процесс принятия мер по восстановлению пострадавшей окружающей среды до состояния нормальной жизнедеятельности в короткие сроки. В рамках Международного режима меры по реабилитации должны обоснованно повлечь существенное ускорение естественного процесса восстановления при условии отсутствия неблагоприятных последствий для различных ресурсов, как физических, так и экономических.

Меры должны быть пропорциональны масштабу и длительности ущерба, и достигнутым в перспективе преимуществам. Под ущербом в данном случае понимается нарушение окружающей среды, нарушение в данном контексте рассматривается как нарушение жизнедеятельности или исчезновение организмов в биологическом сообществе вследствие разлива.

После мероприятий по очистке могут потребоваться дальнейшие активные действия по восстановлению пострадавших ресурсов и ускорения процесса естественного восстановления, особенно в обстоятельствах, когда восстановление в противном случае заняло бы относительно продолжительное время. Как пример можно привести высаживание растений солончаковых болот. После приживутся новые растения, вернуться и другие формы биологической жизни, потенциальный риск эрозии почвы на данной территории будет сведен к минимуму.

Разработка комплексных стратегий реабилитации фауны представляет собой достаточно сложную задачу. Необходимо принять меры по охране загрязненных мест обитания и стимулированию процесса восстановления экологических экосистем. Это может быть, как ограничение доступа и деятельности человека на пострадавших территориях, так и внедрение контроля

над рыболовством в целях сокращения конкурентной борьбы за источники пищи. В ряде случаев рекомендуется принять меры по охране производителей из естественной популяции на близлежащих, не загрязненных нефтью территориях. Однако на способность соседних популяций к заселению загрязненных территорий может повлиять множество биологических, экологических и природных факторов.

Сложность экологических систем означает, что ряд возможностей по искусственному восстановлению нанесенного экологического ущерба ограничен. В большинстве случаев естественное восстановление протекает достаточно быстро.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- существует огромное количество экологических систем, и значительные колебания таких показателей, как избыточность, многообразие, характерны для их нормального функционирования;
- экологическая система обладает значительной способностью к восстановлению естественным путем после серьезных бедствий, вызванных как природными явлениями, так и разливами нефти;
- ключевой механизм негативного воздействия нефти на окружающую среду – физическое удушье и токсичность, но степень этого воздействия в значительной мере зависит от вида разлитой нефти и скорости ее рассеивания относительно местоположения ресурсов, которые восприимчивы к нефтяному загрязнению;
- наиболее уязвимыми организмами являются обитатели водных объектов;
- несмотря на то, что краткосрочное воздействие может быть значительным, длительный ущерб маловероятен, даже в случае крупных аварий, существенная длительность ущерба обусловлена географической изолированностью территорий, где благоприятны условия для сохранения скоплений нефти на долгое время;
- эффективное планирование и реализация операций по ликвидации разливов нефти способствуют смягчению последствий;

– тщательно подготовленные реабилитационные меры могут при определенных условиях ускорить естественные процессы восстановления.

Аттестация спасателей и граждан, приобретающих статус спасателя, на право ведения работ по ликвидации разливов нефти на территории.

Уровень физической подготовки проверяется путем выполнения спасателями нормативов.

Нормативы по физической подготовке спасателей и граждан, приобретающих статус спасателя, применяются с учетом следующих возрастных групп: от 18 до 24 лет - 1 группа; от 25 до 29 лет - 2 группа; от 30 до 34 лет - 3 группа; от 35 до 39 лет - 4 группа; от 40 до 44 лет - 5 группа; от 45 до 49 лет - 6 группа; от 50 лет и выше - 7 группа [8].

Упражнения по физической подготовке выполняются в следующей последовательности:

а) упражнение на скоростные возможности - Челночный бег 10 x 10 м (с); Бег на 100 м (с).

б) упражнение на силу - Подтягивание на перекладине (количество раз); Отжимание от пола (количество раз).

в) упражнение на выносливость – Бег (кросс) на 1 км (мин, с); Плавание на 100 м (мин, с); Бег на лыжах 5 км (мин, с).

Спасатели выполняют по одному упражнению из каждого норматива, определяемому исходя из погодных условий и места проведения проверки выполнения нормативов. Результаты проверки отражаются в «Ведомости выполнения нормативов по физической подготовке спасателями и/или гражданами, приобретающими статус спасателя»

Аттестация проводится раз в три года.

5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ

Исходя из ранее предложенных рекомендаций по хранению нефтепродуктов не в одном резервуаре большего объема, а в большем количестве резервуаров меньшего объема что приведет к снижению уровня и объемов загрязнения природной окружающей среды. А, следовательно, и к уменьшению размера компенсации за негативный вред природной окружающей среде. Что и продемонстрировано в расчетах ниже.

Таблица 2 - Резервуары вертикальные стальные

Наименование продукции	Объем, м ³	Стоимость, руб.
Резервуар вертикальный стальной РВС-100 м ³	100	380000
Резервуар вертикальный стальной РВС-200 м ³	200	673000
Резервуар вертикальный стальной РВС-300 м ³	300	895000
Резервуар вертикальный стальной РВС-400 м ³	400	1 163000
Резервуар вертикальный стальной РВС-500 м ³	500	1 331000
Резервуар вертикальный стальной РВС-700 м ³	700	1 844000
Резервуар вертикальный стальной РВС-1000 м ³	1000	2 04200
Резервуар вертикальный стальной РВС-2000 м ³	2000	3 524000

Расчет стоимости покупки и установки одного резервуара большего объема РВС- 2000 м³

$$C_{\text{п}} = 1 * 3524000 = 3524000 \text{ руб.}$$

Таблица 3 - Монтаж резервуаров вертикальных стальных на площадке Заказчика

Наименование продукции	Объем, м ³	Стоимость, руб.
Резервуар вертикальный стальной РВС-100 м ³	100	289000

Наименование продукции	Объем, м ³	Стоимость, руб.
Резервуар вертикальный стальной РВС-200 м ³	200	384000
Резервуар вертикальный стальной РВС-300 м ³	300	499000
Резервуар вертикальный стальной РВС-400 м ³	400	571000
Резервуар вертикальный стальной РВС-500 м ³	500	791000
Резервуар вертикальный стальной РВС-700 м ³	600	888000
Резервуар вертикальный стальной РВС-1000 м ³	1000	1 040000
Резервуар вертикальный стальной РВС-2000 м ³	2000	1 762000

$$C_M = 1 * 1762000 = 1762000 \text{ руб.}$$

Затраты на покупку и установку резервуара РВС-2000 м³

$$C = 3524000 + 1762000 = 5286000 \text{ руб.}$$

$$2000\text{м}^3 = 1720 \text{ т нефти}$$

Расчет стоимости покупки и установки 4 резервуаров РВС- 500 м³

$$C_{II} = 4 * 1331000 = 5324000 \text{ руб.}$$

$$C_M = 4 * 791000 = 3164000 \text{ руб.}$$

Затраты на покупку и установку четырех резервуаров РВС-500 м³

$$C = 5324000 + 3164000 = 8488000 \text{ руб.}$$

Разница затрат на покупку и установку четырех резервуаров РВС-500 вместо РВС-2000 составит:

$$X = 8488000 - 5286000 = 3202000 \text{ руб.}$$

Компенсация за негативные воздействия на окружающую среду.

В соответствии с постановлением правительства Российской Федерации от 13 сентября 2016 года 913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах» [5]

Ставка за загрязнения нефтью и (или) нефтепродуктами равна 14711,7 рублей за тонну.

В случае аварии максимально возможный розлив при использовании одного резервуара РВС-2000 составляет 1720 тонн нефти, следовательно, плата за негативное воздействие на окружающую среду равна:

$$C = 1720 * 14711,7 = 25\,304\,124 \text{ руб.}$$

В случае аварии в системе из четырех резервуаров РВС-500 наиболее вероятен сценарий разгерметизации одного резервуара с максимально возможным объемом разлива 430 тонн нефти, следовательно, плата за негативное воздействие на окружающую среду равна:

$$C = 430 * 14711,7 = 6\,326\,031 \text{ руб.}$$

Разница в затратах по возмещению негативного воздействия на окружающую среду равна:

$$X = 25\,304\,124 - 6\,326\,031 = 18\,978\,093 \text{ руб.}$$

Исходя из выше приведенных расчетов можно сделать вывод что, потратив на 3 202 000 рублей при покупке и монтаже резервуара больше, в случае разгерметизации резервуара или какой-либо аварии, повлекшей за собой

розлив нефти, можно сэкономить 18 978 093 на уплате негативного ущерба, нанесенного окружающей и природной среде (предотвращенный ущерб).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был проведен анализ аварий, связанных с разливом нефти и (или) нефтепродуктов. Были представлены основные возможные сценарии аварий и их последствия.

Были построены схемы причинно-следственных связей и на их основе разработаны рекомендации по уменьшению ущерба природной окружающей среде при разливе нефти и (или) нефтепродуктов:

– использовать для хранения нефтепродуктов несколько меньших по объёму резервуаров, а не один резервуар большого объёма. Например, вместо резервуара объёмом 2000 м³ использовать 4 резервуара объёмом 500 м³, что в свою очередь в случае разгерметизации или аварии повлечет меньшие экологические последствия, а, следовательно, и меньшие затраты возмещения ущерба окружающей среде.

– иметь в резервуарном парке один, а то и несколько аварийных резервуаров которые в свою очередь должны быть постоянно пустыми и в исправном техническом состоянии. В такой резервуар в случае аварии с утечкой нефтепродуктов можно будет перекачивать сырье, что позволит уменьшить объёмы нефти разлива.

– следить за состоянием обвалования и за его наличием или же заменить земляное обвалование на бетонное для недопущения разлива нефти на обширных территориях, и снижения негативного воздействия на почву.

Далее был проведен расчет ущерба окружающей среде, который составил 25 304 124 рублей при максимально возможном разливе используя резервуар объёмом 2000 м³ и 6 326 031 рубль при использовании 4 резервуаров объёмом 500 м³.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Надежность технических систем и техногенный риск: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 20.03.01 – Техносферная безопасность / АмГУ, ИФФ; - Благовещенск: Изд-во Амур.гос. ун-та, 2017. – 22 с.

2 Статистика чрезвычайных происшествий на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности за 2007-2016 гг. Краснов А. В., Садыкова З. Х., Пережогин Д. Ю., Мухин И. А. Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/6_2017/ogbus_6_2017_p179-191_KrasnovAV_ru.pdf

3 ГОСТ 1510-84 «Межгосударственный стандарт нефть и нефтепродукты маркировка, упаковка, транспортирование и хранение» [Электронный ресурс]– Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901711462>

4 СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов требования пожарной безопасности» [Электронный ресурс]– Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200108948>

5 Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 N 913 (ред. от 24.01.2020) "О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах"[Электронный ресурс]– Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_204671/

6 План по предупреждению и ликвидации разливов нефти на АО «ННК-Амурнефтепродукт» // Внутренний документ предприятия

7 Розлив нефтепродуктов в России за 2020 год [Электронный ресурс]– Режим доступа: <https://terra-ecology.ru/razlivy-nefteproduktov-v-rossii-za-2020-god/>

8 ПриказN 569от 27 октября 2015 года «Об утверждении нормативов по физической подготовке спасателей и граждан, приобретающих статус спасателя»

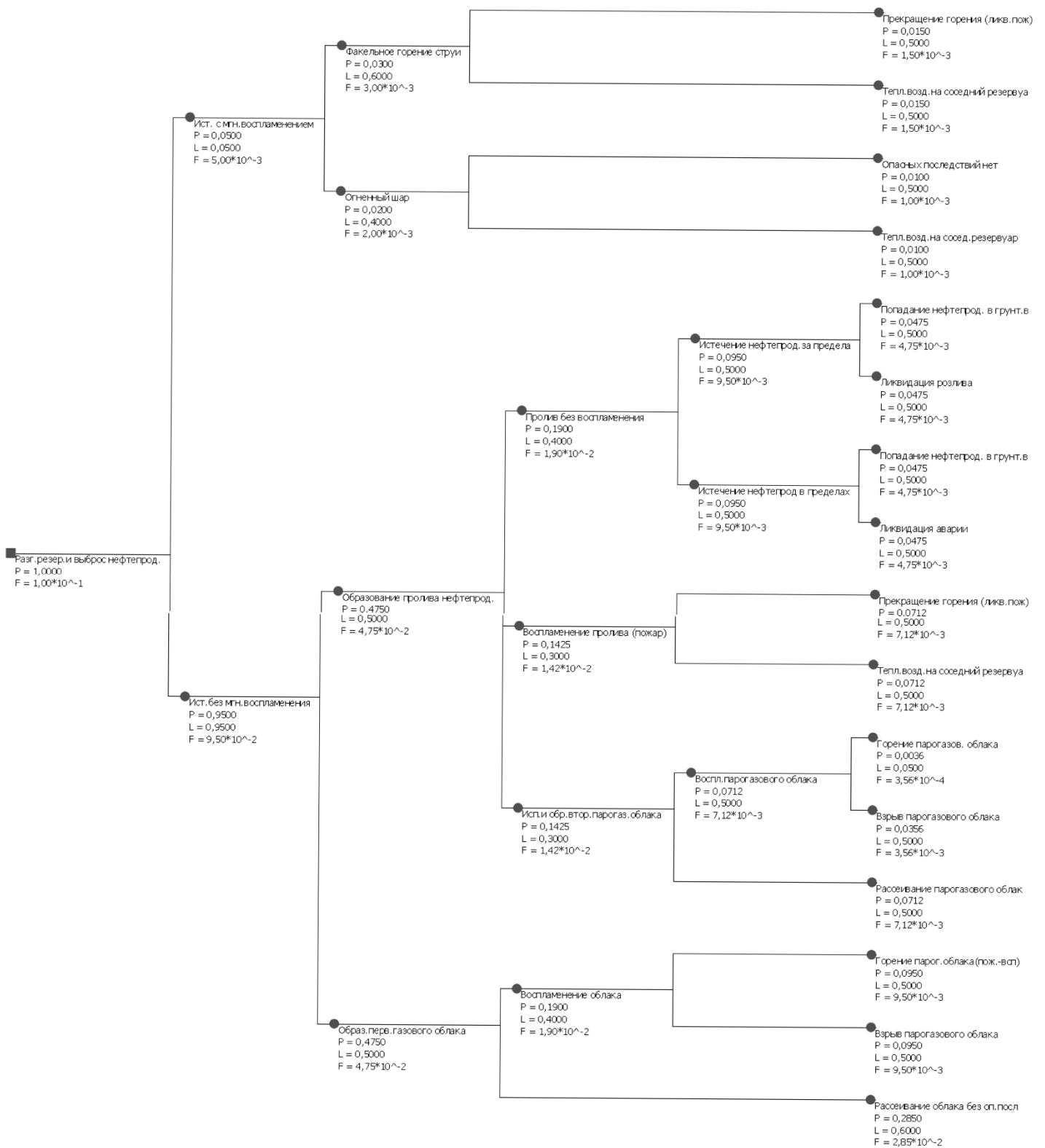
9 Демельханов М.Д., Оказова З.П., Чупанова И.М. «Экологические последствия разливов нефти» // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 12. – С. 91-94;

10 Коршак А. А. и др. «Нефтебазы и АЗС» Учебное пособие / А. А. Коршак, Г. Е. Коробков, Е. М. Муфтахов. — Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2006. — 416 с.

11 Данилина, М.В. Риски: анализ и оценка: учебное пособие / Данилина М.В., Багратуни К.Ю. — Москва: Русайнс, 2016. — 136 с. — ISBN 978-5-4365-1305-8. [Электронный ресурс]– Режим доступа: <https://book.ru/book/921913>

12 Стоимость резервуаров и их монтаж «ЗРК Регион» [Электронный ресурс]– <https://zrk-reg.ru/czenyi>

ПРИЛОЖЕНИЕ А



Характеристика нефтехранилищ и хранилищ ГСМ

Опасный производственный объект представляет собой комплекс зданий, сооружений, инженерных коммуникаций, предназначенных для приема, хранения и отгрузки нефтепродуктов.

Технологический процесс представлен следующими операциями:

- прием нефтепродуктов с железнодорожного транспорта в стационарные резервуары;
- хранение нефтепродуктов;
- отгрузка нефтепродуктов в автоналивные цистерны.

Классификация нефтебаз

Нефтебаза, в зависимости от различных критериев, может быть:

— по своему назначению:

1. Перевалочной;
2. Распределительной;
3. Базой для хранения.

Резервуарный парк

— по транспортному критерию:

1. Трубопроводной;
2. Железнодорожной;
3. Водной;
4. Глубинной (находящейся на большом расстоянии от основных транспортных путей и снабжаемой автомобильным или воздушным транспортом).

Виды емкостей для хранения нефтепродуктов

Современные способы хранения нефтепродуктов позволяют обеспечить безопасность продукции, исключить потерю сырья и его качества. Подбор оптимального варианта осуществляется с учетом производственных объемов и оборота потребления. Есть множество категорий и классов емкостей.

К основным отличиям можно отнести:

Материалы

Резервуары должны быть не восприимчивы к воспламенению и коррозионным процессам.

Они создаются каркасными или мягкими и могут быть:

- Железобетонными. Несмотря на надежность, такие бункеры имеют и ряд недостатков, среди которых сложная транспортировка.
- Металлическими. Для создания конструкций используются сплавы с высокими качественными характеристиками.
- Неметаллическими. Для емкостей разных типов применяют высокопрочный пластик и стеклопласт. Также к использованию допускается резиноканевая тара.

Существуют резервуары, оборудуемые в природных условиях. Для их создания используют естественные пустоты

Форму

Порядок хранения нефтепродуктов допускает использование конструкций, различной конфигурации.

Существует несколько основных типов резервуаров:

- Цилиндрические. Могут быть практически любой вместимости. Достаточно просты в обслуживании.
- Сферические. Емкости круглого типа устанавливаются на специальные опорные приспособления.
- Каплевидные. Выполняются из эластичных основ. Для них не требуется каркас. Оборудовать такую конструкцию можно практически в любом месте. Резервуары требуют особого внимания не только при создании, но и уходе.

Бункеры, цистерны и баки, в которых хранятся нефтепродукты, оснащаются соответствующим оборудованием, согласно проектной документации. В процессе их использования, необходимо следить за герметичностью тары, а также исправностью систем слива и налива

Основные отличия емкостей для хранения нефтепродуктов

Резервуары отличаются многими характеристиками.

Среди основных факторов:

- Установка. В зависимости от типа базы и особенностей использования, применяется наземный, полуподземный, подземный и подводный монтаж.
- Вместительность. Резервуары выпускаются с разным объемом. Они могут вмещать как пару тонн, так и более ста тысяч.
- Сборка. Разрабатываются модели, поставляемые на объекты в готовом виде, и те, что собирают непосредственно на месте установки.
- Типоразмеры. Конвейерное производство позволяет сооружать конструкции всех форм и габаритов. Популярностью пользуются и индивидуальные решения.

Варианты расположения емкостей для хранения нефтепродуктов

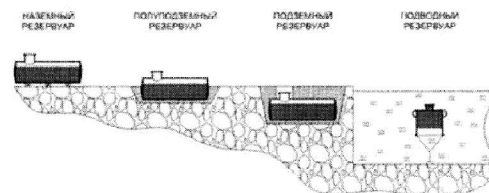


Рисунок 1 - Варианты расположения емкостей.

Размещение объектов на территории нефтебазы должно обеспечивать удобство их взаимодействия, рациональное использование территории, минимальную длину технологических трубопроводов, водоотводящих (канализационных), водопроводных и тепловых сетей при соблюдении всех противопожарных и санитарно-гигиенических требований.

ВКР 171950.20.03.01			
Исполнитель	М.И.Иванов	Проверено	И.И.Иванов
Дата	15.05.2024	Лист	77
Кол-во листов	77	Дата	15.05.2024
Исполнитель	М.И.Иванов	Составитель	М.И.Иванов
Дата	15.05.2024	Дата	15.05.2024
АМЧ эр. 713-08		Формат А1	

Характеристика нефтехранилищ и хранилищ ГСМ

Территория нефтебазы в общем случае разделена на зоны (производственная, вспомогательная, административно-хозяйственная) и участки.

Производственная зона включает объекты, на которых выполняются основные операции.

В нее входят участки:

- 1) железнодорожных операций;
- 2) водных операций;
- 3) автомобильных операций;
- 4) хранения нефтепродуктов.

Вспомогательная зона включает объекты, на которых выполняются операции, не относящиеся к основным.

Она делится на участки:

- 1) очистных сооружений;
- 2) вспомогательных сооружений.

Административно-хозяйственная зона включает объекты, не связанные с выполнением основных и вспомогательных операций.

На участке железнодорожных операций размещаются сооружения для приема и отпуски нефтепродуктов по железной дороге. В состав объектов этого участка входят:

- а) железнодорожные тунки;
- б) сливо-наливные эстакады для приема и отпуски нефтепродуктов;
- в) нулевые резервуары, располагающиеся ниже железнодорожных путей;
- г) насосные станции для перекачки нефтепродуктов из резервуарный парк и обратно;
- д) лаборатории для проведения анализов нефтепродуктов;
- е) помещение для отдыха сливщиков и наливщиков (операторная);
- ж) хранилища нефтепродуктов в таре;
- з) площадки для приема и отпуски нефтепродуктов в таре.

На участке водных операций сосредоточены сооружения для приема и отпуски нефтепродуктов баржами и танкерами, к ним относятся:

- причалы (пирсы) для швартовки нефтеналивных судов;
- стационарные и плавучие насосные;
- лаборатория;
- помещение для сливщиков и наливщиков.

Участок автомобильных операций предназначен для размещения средств отпуски нефтепродуктов в автоцистерны, контейнеры, бочки и бидоны, т.е. относительно мелкими партиями.

Здесь размещаются:

- а) автоэстакады и автоколонки для отпуски нефтепродуктов в автоцистерны;
- б) разливочные и расфасовочные для налива нефтепродуктов в бочки и бидоны;
- в) склады для хранения расфасованных нефтепродуктов;
- г) склады для тары;
- д) погрузочные площадки для автотранспорта.

На участке хранения нефтепродуктов размещаются:

- а) резервуары для светлых и темных нефтепродуктов;
- б) резервуары противопожарного запаса воды;
- в) мерники (при необходимости);
- г) обвалование огнестойкие ограждения вокруг резервуарных парков, препятствующие разливу нефтепродуктов при повреждениях резервуаров.

На участке очистных сооружений сосредоточены объекты, предназначенные для очистки нефтесодержащих вод от нефтепродуктов. К ним относятся:

- а) нефтелушки;
- б) флотаторы;
- в) пруды-отстойники;
- г) иловые площадки;
- д) шламонакопители;
- е) насосные;
- ж) береговые станции по очистке балластных вод.

На участке вспомогательных сооружений, обеспечивающих работоспособность основных объектов нефтебазы, находятся:

- а) котельная, снабжающая паром паровые насосы, систему подогрева нефтепродуктов и систему отопления;
- б) трансформаторная подстанция;
- в) водопроводная насосная станция;
- г) механические мастерские;
- д) склады материалов, оборудования и запасных частей, а также другие объекты.

Объекты вышеперечисленных участков соединяются между собой сетью трубопроводов для перекачки нефтепродуктов, их снабжения водой и паром, а также для сбора нефтесодержащих сточных вод.

В административно-хозяйственной зоне размещаются:

- а) контора;
- б) проходная;
- в) здание охраны;
- г) гараж;
- д) пожарное депо.

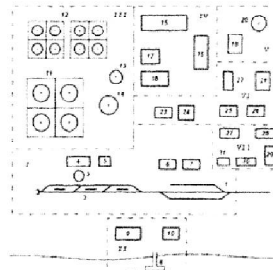


Схема планировки территории нефтебазы, на которой обозначены основные объекты и зоны. Включает в себя причалы, резервуары, насосные станции, очистные сооружения и административные здания.

БКР 171950 20.03.01			
№ п/п	Наименование объекта	Статус	Примечание
1	Котельная	Есть	
2	Трансформаторная подстанция	Есть	
3	Водопроводная насосная станция	Есть	
4	Механические мастерские	Есть	
5	Склады материалов, оборудования и запасных частей	Есть	
6	Контора	Есть	
7	Проходная	Есть	
8	Здание охраны	Есть	
9	Гараж	Есть	
10	Пожарное депо	Есть	

Основные причины аварий, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов

Основная часть территории нефтебазы является так называемой взрывоопасной зоной или даже взрывоопасным объектом. На всей территории такого взрывоопасного объекта действует специальный свод правил и требований, направленных на предотвращение подрыва взрывоопасной смеси, которая присутствует или может образовываться в случае аварии на объекте.

Несоблюдение норм при эксплуатации резервуаров закономерно приводит к печальным последствиям. Организация тушения нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках основана на оценке возможных вариантов возникновения и развития пожара. Пожары в резервуарах характеризуются сложными процессами развития, как правило, носят затяжной характер и требуют привлечения большого количества сил и средств для их ликвидации.

Проблема устойчивости функционирования объекта в современных условиях весьма актуальна, а ее успешное решение зависит от большой группы факторов.

Прежде всего, они связаны с высокой степенью износа основных производственных фондов (особенно на предприятиях, как раз, нефтегазовой промышленности) и снижением темпов их обновления, повышением технологической мощности производства, ростом объемов транспортировки, хранения и использования опасных веществ, а также накоплением отходов производства и более высокой вероятностью возникновения военных конфликтов и террористических актов.

В общем случае опасные факторы можно разделить на три класса:

s природно-экологические - терминал расположен в сложных геологических условиях, в сейсмоопасной и паводкоопасной зонах;

s техногенно-производственные - халатность обслуживающего персонала, непредвиденные и нежелательные последствия штатного функционирования технологических систем;

s антропогенно-социальные - теракты, военные конфликты, общий социально-экономический уровень района расположения объекта.

Любой промышленный объект включает в себя наземные здания и сооружения основного и вспомогательного производства, складские помещения и здания административно-бытового назначения. В зданиях и сооружениях основного и вспомогательного производства размещается типовое технологическое оборудование, сети газо-, тепло-, электроснабжения. Между собой здания и сооружения соединены сетью внутреннего транспорта, сетью энергоносителей и системами связи и управления.

На территории промышленного объекта могут быть расположены сооружения автономных систем электро- и водоснабжения, а также отдельно стоящие технологические установки и т. д. Здания и сооружения возводятся по типовым проектам, из унифицированных материалов.

Проекты производств выполняются по единым нормам технологического проектирования, что приводит к среднему уровню плотности застройки (обычно 30-60 %). Все это дает основание считать, что для всех промышленных объектов, независимо от профиля производства и назначения, характерны общие факторы, влияющие на устойчивость объекта и подготовку его к работе в условиях ЧС.

Для нефтебаз причинами возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) могут служить:

1. Воздействия природного и техногенного характера

2. Физические факторы воздействия:

— Отказ отдельных элементов технологических систем (поломка, разгерметизация) при нормальных параметрах технологического процесса и при отклонениях параметров технологического процесса от допустимых значений;

— Поломка заводского оборудования;

— Коррозия оборудования;

— Дефекты оснований резервуаров (неравномерная осадка ведет к образованию чрезмерных разрывающих и растягивающих усилий от давления жидкости);

— Брак сварочно-монтажных работ;

— Физический износ оборудования;

— Механические повреждения или температурная деформация оборудования;

— Гидравлически удары, вибрация, превышения давления, а также образование взрывоопасных топливовоздушных смесей при опорожнении резервуаров типа РВС (со стационарной крышей) за счет подсоса воздуха через дыхательные клапаны);

3. Социальные факторы:

— Ошибки персонала при ведении технологического режима, несоблюдение персоналом установленного порядка обслуживания оборудования и трубопроводов, порядка пуска и остановки технологических блоков, в том числе нарушение режимов эксплуатации резервуаров (переполнение резервуаров, нарушение скорости наполнения и опорожнения, превышение давления в оборудовании выше допустимого, образование недопустимого разрежения внутри вертикального стального резервуара (РВС), ошибки при проведении чистки, ремонта и демонтажа (механические повреждения, дефекты сварочно-монтажных работ);

— Террористические акты;

ВКР 171950 200301		Итого		Итого	
№ п/п	Наименование	Единица измерения	Количество	Единица измерения	Количество
1	Аварии	шт.	11	шт.	11
2	Пожары	шт.	0	шт.	0
3	Прочие аварии	шт.	0	шт.	0
4	Итого	шт.	11	шт.	11

Акт № 20 713-03

Сценарии развития аварий, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов

В абсолютном большинстве известных аварий начальная стадия - освобождение опасных веществ из закрытого технологического оборудования. Степень разгерметизации аварийного объекта имеет определяющее значение для характера дальнейшего развития аварии и тяжести ее последствий.

Обычно принято две степени разгерметизации:

- полная, при которой прогнозируется разрушение объекта с высвобождением всего количества содержащегося в нем опасного вещества;
 - частичная, когда в результате инициирующих событий образуется место истечения с эффективной площадью истечения опасного продукта (отверстия диаметром 20-25 мм).
- Для образующихся в результате аварии облаков топливно-воздушной смеси приняты стадии с последующими вариантами превращений:
- взрыв облака топливно-воздушных смесей (ТВС);
 - «огненный шар»;
 - сгорание облака ТВС в виде «пожара-вспышки»;
 - рассеивание облака ТВС.

Образование облаков ТВС происходит в случаях выброса из разгерметизированного или разрушенного оборудования значительного количества опасного вещества в паровой фазе или мгновенного испарения опасного вещества из жидкой фазы за счет значительного перегрева. Далее происходит газодинамические процессы смешения паров опасного вещества с воздушной массой и появление на внешних слоях парогазового облака массивов смеси с концентрациями опасного вещества в пределах между нижним и верхним концентрационными пределами воспламенения. При появлении источника зажигания может происходить взрывное превращение облака ТВС, основным поражающим фактором которого является взрывная ударная волна, или сгорание облака ТВС с низкой скоростью распространения фронта пламени в режиме «пожара-вспышки», в этом случае основным поражающим фактором является тепловое воздействие.

Еще одной разновидностью возможных аварий с участием взрывоопасных веществ является - эффект «BLEVE». Это явление заключается во взрыве расширяющихся паров вскипающей жидкости при попадании замкнутого резервуара со сжиженным газом или жидкостью в очаг пожара. При этом происходит нагрев содержимого резервуара до температуры, существенно превышающей нормальную температуру кипения, с соответствующим повышением давления. За счет нагрева несмоченных стенок сосуда уменьшается предел прочности их материала, в результате чего при определенных условиях оказывается возможным разрыв резервуара с возникновением волн давления и образованием «огневого шара».

При частичных разрушениях оборудования под избыточным давлением и трубопроводов возможен и такой вид превращения опасного вещества как факельное горение. Наиболее часто это наблюдается при частичном разрушении (разгерметизации) оборудования перегретыми легковоспламеняющимися жидкостями, сжиженными газами. Авария может сопровождаться и появлением расширяющейся зоны горящего разлития.

Сценарий № 5.1: повреждение трубопровода - разгерметизация трубопровода - истечение нефтепродукта в напорном режиме до остановки перекачки и закрытия задвижек и его последующее распространение по поверхности земли;

Следующим видом превращения взрывоопасных веществ в возможных авариях является пожар разлития, который может возникать как основное обособленное событие аварии, так и в сочетании с возможными взрывами облаков ТВС и пожаром - вспышкой. Наиболее вероятными могут быть аварии, возникающие при незначительных нарушениях герметичности оборудования. Аварии с пожарами и взрывами менее вероятны, но приводят к более серьезным последствиям и поэтому являются более опасными. В перечне аварийных ситуаций применительно к каждому участку, технологической установке, зданию и сооружению промышленного предприятия выделяются группы аварийных ситуаций, которым соответствуют одинаковые модели возникновения и развития аварии.

- Основными путями распространения пожаров на нефтебазе являются:
- дыхательные клапаны и дыхательные линии резервуаров с нефтепродуктами;
 - разлившиеся нефтепродукты при повреждении резервуаров;
 - облако паров легковоспламеняющихся жидкостей.

Для предотвращения распространения пожара все наземные резервуары ограждены сплошным земляным валом, рассчитанным на гидравлическое давление жидкости. Высота земляного вала, группы резервуаров, согласно требованиям, на 0,2 выше расчетного уровня разлившейся жидкости, но не менее 1,5 м. Ширина вала по верху 0,5 м. Объем, образуемый между откосами обвалования для группы резервуаров, равен емкости наибольшего резервуара, расстояние от стенки резервуара до подшвы внутренних откосов обвалования не менее 6 метров.

Для предотвращения распространения пожара по системе производственной канализации предусмотрено устройство в ней гидравлических затворов. На дыхательных клапанах резервуаров, сообщающих паровоздушное пространство над поверхностью нефтепродукта в резервуаре с окружающей средой, установлены огнепреградители.

Возможными источниками ЧС(Н) являются:

- повреждения и разрушения резервуаров для хранения нефтепродуктов;
- неисправность сливно-наливной аппаратуры на эстакаде;
- авария с автоцистерной;
- авария с железнодорожным составом;
- повреждение и разрушение трубопровода.

Для опасных производственных объектов предприятия можно выделить следующие сценарии ЧС:

Сценарий № 1: разрушение наземного резервуара в результате одной из указанных далее причин - разгерметизация резервуара и истечение нефтепродукта - накопление нефтепродукта в пределах обвалования;

Сценарий № 2: неисправность аппаратуры (или действие человеческого фактора) при сливе нефтепродукта из ж.д. цистерны в резервуар или налив в автоцистерну - перелив резервуара - разлив нефтепродукта;

Сценарий № 3: разрушение цистерн ж.д. состава разгерметизация цистерн разлив нефтепродукта;

Сценарий № 4: авария автоцистерны - разгерметизация автоцистерны - последующий разлив нефтепродукта и его распространение по поверхности земли;

		ВКР 171950 20.03.01	
№ п/п	Наименование объекта	Дата	Масштаб
1	Нефтепродукты	5	1:1
2	Нефтепродукты		
3	Нефтепродукты		
4	Нефтепродукты		
5	Нефтепродукты		
6	Нефтепродукты		
7	Нефтепродукты		
8	Нефтепродукты		
9	Нефтепродукты		
10	Нефтепродукты		
11	Нефтепродукты		
12	Нефтепродукты		
13	Нефтепродукты		
14	Нефтепродукты		
15	Нефтепродукты		
16	Нефтепродукты		
17	Нефтепродукты		
18	Нефтепродукты		
19	Нефтепродукты		
20	Нефтепродукты		
21	Нефтепродукты		
22	Нефтепродукты		
23	Нефтепродукты		
24	Нефтепродукты		
25	Нефтепродукты		
26	Нефтепродукты		
27	Нефтепродукты		
28	Нефтепродукты		
29	Нефтепродукты		
30	Нефтепродукты		
31	Нефтепродукты		
32	Нефтепродукты		
33	Нефтепродукты		
34	Нефтепродукты		
35	Нефтепродукты		
36	Нефтепродукты		
37	Нефтепродукты		
38	Нефтепродукты		
39	Нефтепродукты		
40	Нефтепродукты		
41	Нефтепродукты		
42	Нефтепродукты		
43	Нефтепродукты		
44	Нефтепродукты		
45	Нефтепродукты		
46	Нефтепродукты		
47	Нефтепродукты		
48	Нефтепродукты		
49	Нефтепродукты		
50	Нефтепродукты		
51	Нефтепродукты		
52	Нефтепродукты		
53	Нефтепродукты		
54	Нефтепродукты		
55	Нефтепродукты		
56	Нефтепродукты		
57	Нефтепродукты		
58	Нефтепродукты		
59	Нефтепродукты		
60	Нефтепродукты		
61	Нефтепродукты		
62	Нефтепродукты		
63	Нефтепродукты		
64	Нефтепродукты		
65	Нефтепродукты		
66	Нефтепродукты		
67	Нефтепродукты		
68	Нефтепродукты		
69	Нефтепродукты		
70	Нефтепродукты		
71	Нефтепродукты		
72	Нефтепродукты		
73	Нефтепродукты		
74	Нефтепродукты		
75	Нефтепродукты		
76	Нефтепродукты		
77	Нефтепродукты		
78	Нефтепродукты		
79	Нефтепродукты		
80	Нефтепродукты		
81	Нефтепродукты		
82	Нефтепродукты		
83	Нефтепродукты		
84	Нефтепродукты		
85	Нефтепродукты		
86	Нефтепродукты		
87	Нефтепродукты		
88	Нефтепродукты		
89	Нефтепродукты		
90	Нефтепродукты		
91	Нефтепродукты		
92	Нефтепродукты		
93	Нефтепродукты		
94	Нефтепродукты		
95	Нефтепродукты		
96	Нефтепродукты		
97	Нефтепродукты		
98	Нефтепродукты		
99	Нефтепродукты		
100	Нефтепродукты		

Анализ и разработка рекомендаций на основе метода FTA

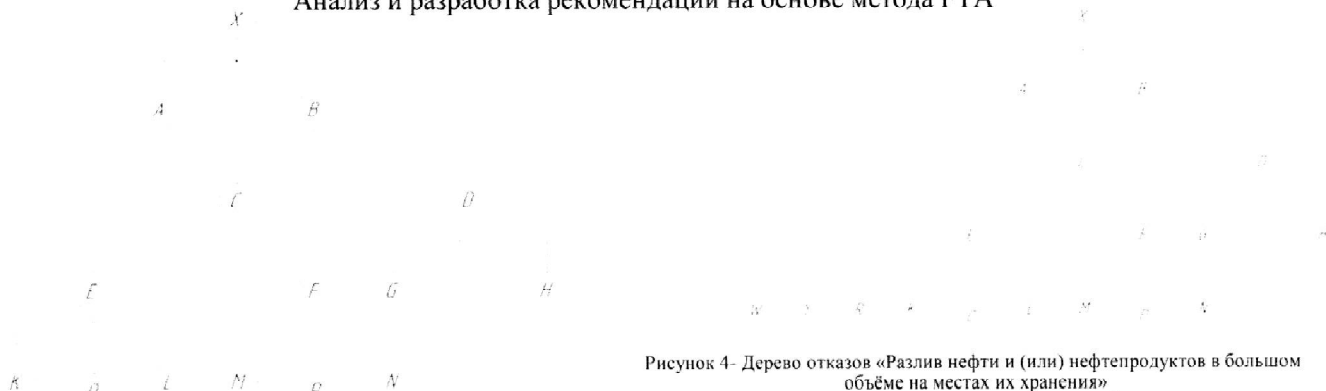


Рисунок 3 - Дерево отказов «Разлив нефти и (или) нефтепродуктов на местах их хранения»

- X-Разлив нефти и (или) нефтепродуктов на территории нефтехранилища
- A - Наличие резервуарного парка и системы трубопровода с нефтепродуктами
- B-Наличие уязвимых систем
- C-Технический фактор
- D - Человеческий фактор
- E - Разрушение непосредственно резервуаров
- F - Разрушение нефтепровода
- G - Нарушение регламента проведения ремонтно-технических работ
- H - Нарушение регламента проведения сливо-наливных работ, работ по зачистке резервуаров,
- K - Природные факторы такие как: подвижки грунта, ураган, торнадо и т.п.
- L -Изнас стенок резервуара, нарушение правил эксплуатация резервуара
- M - Природные факторы такие как: подвижки грунта, ураган, торнадо и т.п.
- N - Износ запорной арматуры нефтепровода, нарушение правил эксплуатация нефтепровода
- O- Оплошности, неосторожность, и не аккуратность рабочих на территории и непосредственно в близи резервуаров
- P - Оплошности, неосторожность, и не аккуратность рабочих на территории и непосредственно в близи нефтепровода

Рисунок 4- Дерево отказов «Разлив нефти и (или) нефтепродуктов в большом объеме на местах их хранения»

- X- Разлив нефти и (или) нефтепродуктов в больших объемахна территории нефтехранилища
- A - Наличие резервуарного парка и системы трубопровода с нефтепродуктами
- B- Наличие уязвимых систем
- C- Технический фактор
- D - Человеческий фактор
- E - Разрушение непосредственно резервуаров
- F - Разрушение нефтепровода
- G - Нарушение регламента проведения ремонтно-технических работ
- H - Нарушение регламента проведения сливо-наливных работ, работ по зачистке резервуаров
- K - Природные факторы такис как: подвижки грунта, ураган, торнадо и т.п.
- L - Износ стенок резервуара, нарушение правил эксплуатация резервуара
- M- Природные факторы такие как: подвижки грунта, ураган, торнадо и т.п.
- N - Износ запорной арматуры нефтепровода, нарушение правил эксплуатация нефтепровода
- O- Оплошности, неосторожность, и не аккуратность рабочих на территории и непосредственно в близи резервуаров
- P - Оплошности, неосторожность, и не аккуратность рабочих на территории и непосредственно в близи нефтепровода
- Y- Отсутствие аварийного резервуара либо он заполнен другими видами нефтепродуктов
- R - Отсутствие обвалования или не достаточность имеюшегося обвалования
- W-Хранение всего объема нефти или нефтепродукта в одном резервуаре из-за чего возрастает вероятность крупного нефти разлива

БЖР 171950 20.03.01			
№ п/п	Наименование	Дата	Исполнитель
1	Анализ и разработка рекомендаций на основе метода FTA	9	77
2	Анализ и разработка рекомендаций на основе метода FTA	4м/4 апр 713-ад	

Технико-экономическое обоснование мероприятий

Исходя из ранее предложенных рекомендаций по хранению нефтепродуктов не в одном резервуаре большего объёма, а в большем количестве резервуаров меньшего объёма что приведет к снижению уровня и объёмов загрязнения природной окружающей среды. А, следовательно, и к уменьшению размера компенсации за негативный вред природной окружающей среде.

Что и продемонстрировано в расчетах ниже.
Таблица 1 - Резервуары вертикальные стальные

Наименование продукции	Объем, м ³	Стоимость, руб.
Резервуар вертикальный стальной РВС-100 м ³	100	380000
Резервуар вертикальный стальной РВС-200 м ³	200	673000
Резервуар вертикальный стальной РВС-300 м ³	300	892000
Резервуар вертикальный стальной РВС-400 м ³	400	1 165000
Резервуар вертикальный стальной РВС-500 м ³	500	1 331000
Резервуар вертикальный стальной РВС-700 м ³	700	1 844000
Резервуар вертикальный стальной РВС-1000 м ³	1000	2 042000
Резервуар вертикальный стальной РВС-2000 м ³	2000	3 524000

Расчет стоимости покупки и установки одного резервуара большего объёма РВС- 2000 м³

$$C_{\text{д}} = 1 \cdot 3524000 = 3524000 \text{ руб.}$$

Таблица 2 - Монтаж резервуаров вертикальных стальных на площадке Заказчика

Наименование продукции	Объем, м ³	Стоимость, руб.
Резервуар вертикальный стальной РВС-100 м ³	100	289000
Резервуар вертикальный стальной РВС-200 м ³	200	384000
Резервуар вертикальный стальной РВС-300 м ³	300	499000
Резервуар вертикальный стальной РВС-400 м ³	400	571000
Резервуар вертикальный стальной РВС-500 м ³	500	791000
Резервуар вертикальный стальной РВС-700 м ³	600	888000
Резервуар вертикальный стальной РВС-1000 м ³	1000	1 040000
Резервуар вертикальный стальной РВС-2000 м ³	2000	1 762000

$C_{\text{м}} = 1 \cdot 1762000 = 1762000 \text{ руб.}$
 Затраты на покупку и установку резервуара РВС-2000 м³

$$C = 3524000 + 1762000 = 5286000 \text{ руб.}$$

$$2000 \text{ м}^3 = 1720 \text{ т нефти}$$

Расчет стоимости покупки и установки 4 резервуаров РВС- 500 м³

$$C_{\text{п}} = 4 \cdot 1331000 = 5324000 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{м}} = 4 \cdot 791000 = 3164000 \text{ руб.}$$

Затраты на покупку и установку четырех резервуаров РВС-500 м³

$$C = 5324000 + 3164000 = 8488000 \text{ руб.}$$

Разница затрат на покупку и установку четырех резервуаров РВС-500 вместо РВС-2000 составит:

$$X = 8488000 - 5286000 = 3202000 \text{ руб.}$$

Компенсация за негативные воздействия на окружающую среду. В соответствии с постановлением правительства Российской Федерации от 13 сентября 2016 года №913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах».

Ставка за загрязнения нефтью и (или) нефтепродуктами равна 14711,7 рублей за тонну. В случае аварии максимально возможный розлив при использовании одного резервуара РВС-2000 составляет 1720 тонн нефти, следовательно, плата за негативное воздействие на окружающую среду равна:

$$C = 1720 \cdot 14711,7 = 25\,304\,124 \text{ руб.}$$

В случае аварии в системе из четырех резервуаров РВС-500 наиболее вероятен сценарий разгерметизации одного резервуара с максимально возможным объемом разлива 430 тонн нефти, следовательно, плата за негативное воздействие на окружающую среду равна:

$$C = 430 \cdot 14711,7 = 6\,326\,031 \text{ руб.}$$

Разница в затратах по возмещению негативного воздействия на окружающую среду равна:

$$X = 25\,304\,124 - 6\,326\,031 = 18\,978\,093 \text{ руб.}$$

Исходя из выше приведенных расчетов можно сделать вывод что, потратив на 3 202 000 рублей при покупке и монтаже резервуара больше, в случае разгерметизации резервуара или какой-либо аварии, повлекшей за собой розлив нефти, можно сэкономить 18 978 093 рублей на уплате негативного ущерба, нанесенного окружающей и природной среде (предотвращенный ущерб).

ВКР 171950 2003.01				Дата	Исполн.	Проверен.
Исполнитель	М.И.Иванов	И.И.Иванов	И.И.Иванов	17.09.2017	И.И.Иванов	И.И.Иванов
Проверенный	И.И.Иванов	И.И.Иванов	И.И.Иванов	17.09.2017	И.И.Иванов	И.И.Иванов
Согласованный	И.И.Иванов	И.И.Иванов	И.И.Иванов	17.09.2017	И.И.Иванов	И.И.Иванов
Согласованный	И.И.Иванов	И.И.Иванов	И.И.Иванов	17.09.2017	И.И.Иванов	И.И.Иванов